مدخل إلى عالم الاتصالات الفضائية

مدخل إلى عالم الاتصالات الفضائية

بسم الله الرحمن الرحيم

د.عمار شرقية

تعتمد الأقمار الصناعية في عملها على الموجات الصغروية أي موجات الميكروويف Microwave التي يتراوح ترددها بين 1 غيغا هرتز و 100 GHz مئة غيغا هرتز , و يتطلب التواصل مع الأقمار الصناعية عدم وجود أي عائقٍ بين الجهاز المستقبل و بين القمر الصناعي أي أن يكون هنالك خط نظر line-of-sight وهمي بين لاقط جهاز الاستقبال و بين القمر الصناعي وأن يكون خط النظر هذا خالي من أية عوائق حيث أن أشعة الميكروويف تنتقل في خطوطٍ مستقيمة في الفضاء تماماً كما ينتقل الضوء و تعجز عن اختراق الحواجز غير الشفافة كما هي حال الضوء تماماً .

و تتضمن الموجات الراديوية Radio waves المستخدمة في نقل البيانات كلاً من الأشعة تحت الحمراء و الأشعة المرئية و الأشعة فوق البنفسجية و أشعة إكس , أما النطاق المستخدم في مجال الاتصالات الفضائية فإنه يتراوح بين واحد 1 غيغاهرتز و 60 GHz حيث تتوضع النطاقات من الأعلى للأسفل وفقاً لمدى تردد هذا النطاق :

Q BAND

Q BAND كيو باند ترددات أعلى من الترددات المطلوبة لذلك فإنها خارج نطاق الاستخدام

V BAND

V BAND في باند ترددات أعلى من الترددات المطلوبة لذلك فإنها خارج نطاق الاستخدام

KA BAND

KA BAND كا باند : نطاق الأقمار العسكرية و أقمار التجسس .

KU BAND

KU BAND كيو باند : نطاق البث التلفزيوني الفضائي .

X BAND

X BAND إكس باند : نطاق الأقمار العسكرية و أقمار التجسس .

C band

C band سي باند : نطاق البث التلفزيوني المستخدمة في بعض البلاد و لكن هذا النمط من البث يتطلب وجود أطباق التقاط كبيرة نسبياً وقد كان هذا النمط مستخدماً في البث التناظري لقمر العربسات قبل التحول إلى البث الرقمي وفق النطاق (كيو باند .

إن تردد الموجات العاملة وفق النطاق " سي باند " C-band هو 4 مليار هزة في الثانية أي 4 غيغا هرتز 4 GHz وهذه الاهتزازات الترددية تولد حقلاً كهرومغناطيسياً .

S BAND

S BAND س باند : نطاق الخدمات الفضائية الجوالة .
L BAND
L BAND ل باند : نطاق الخدمات الفضائية الجوالة .
UHF
UHF نطاق البث التلفزيوني عبر المحطات الأرضية (ترددات أدنى من الترددات المطلوبة لذلك فإنها خارج نطاق الاستخدام الفضائي
و كما ذكرت سابقاً فإن الترددات المستخدمة في مجال الاتصالات الفضائية تتراوح بين 1 غيغاهرتز و GHz 60 و ضمن هذا النطاق فإن الترددات العاملة هي تلك التي تقع في المجال من واحد غيغاهرتز إلى GHz 30 , أما الترددات التي تزيد عن 30 GHz فما تزال غير مستثمرة .
تقوم هوائيات أجهزة الإرسال الفضائية يتحويل الطاقة الكهربائية التي يكون ترددها هو تردد موجات الميكروويف microwave frequencies إلى موجاتٍ كهرومغناطيسية electromagnetic waves و العكس صحيح في حالات الاستقبال .
تقوم محطات الإرسال الفضائي بتعديل modulates البيانات و تحميلها على إشارةٍ راديوية RFحاملة تدعى بالحامل carrier و مهمة هذه الموجة الحاملة نقل البيانات من موقعٍ لآخر .
و في البث الفضائي تستقدم تقنية التصحيح المسبق للخطأ Forward error correction
(FEC)
(FEC) وهي إحدى أشكال التشفير التي تضمن تحسين نوعية الإشارة و تحسين ما يدعى بمعدل خطأ البت the bit error rate BER على اعتبار أن أي خفضٍ لمعدل خطأ البت BER يحسن من جودة الإشارة , كما يتيح استخدام هوائياتٍ أصغر حجماً .
وفي كثير من الأحيان تدمج تقنية التصحيح المسبق للخطأ ضمن مرحلتي التعديل modulation و الاستخلاص demodulation وهي من العمليات التي يقوم بها المودم .

□ عملية التعديل modulation هي تضمين البيانات في الإشارة الحاملة وهي على الأغلب من العمليات التي يقوم بها الطرف المرسل أما عملية استخلاص البيانات demodulation فإنها تتضمن استخلاص البيانات من الإشارة الحاملة و هي على الأغلب من العمليات التي يقوم بها الطرف المستقبل للإشارة .

تدعى الإبرة الموجودة في وسط صحن الاستقبال بمصطلح محول الكتلة ذو الضجيج المنخفض low-noise block converter LNB حيث تحوي هذه الأبرة على محول منخفض الضجيج low-noise amplifier و محول للكتلة الهابطة block downconverter
و هذا بالنسبة لإبر إستقبال الإشارة .
أما بالنسبة لإبر إرسال الإشارة فإنها تحوي محول رفع upconverter مع مضخمٍ ذو استطاعةٍ عالية high power amplifier .
و إذا كانت القدرة اللازمة أقل من عشرة وات W 10 عندها يمكن أن نستخدم إبرةً واحدة قادرةً على الإرسال و الاستقبال تدعى تقنياً بمحول رفع الكتلة block-upconverter -BUC .
إن إشارة الميكروييف microwave signal التي يلتقطها هوائي الاستقبال تكون إشارةً ضعيفةً جداً إلى درجةٍ يصعب فيها التعامل معها , لذلك لابد أولاً من تضخيم هذه الإشارة باستتخدام مضخمٍ منخفض الضجيج low-noise amplifier -LNA وعلينا الانتباه إلى أن هذه المرحلة تستدعي استخدام مضخمٍ منخفض الضجيج لأن الإشارة تكون باهتة و يمكن بسهولة أن تتلاشى في ضجيج المضخم , ثم لابد بعد ذلك من تمرير الإشارة إلى محولٍ هابط downconverter .

ينظر إلى الضجيج noise باعتباره شكل من أشكال الحرارة , لذلك تقاس (حرارة الضجيج) بوحدة قياس تدعى (كالفن (K) Kelvin حيث يستخدم مقياس كالفن The Kelvin scale في قياس حرارة الضجيج و هذا المقياس مرقم بشكل مشابهٍ لمقياس الحرارة الإعتيادي ذو تدريجات سنتغراد C centigrade غير أن مقياس كالفن يبدأ ابتداءً من الصفر المطلق absolute zero أي أن مقياس كالفن يقيس مقدار حركة الألكترونات في وسطٍ ما .
و بالتالي فإن عنصراً الكترونياً ما عندما يبرد إلى درجة الصفر المطلق لا ينتج أي ضجيج , و يقال بأن خفض حرارة جهاز كهربائي إلى درجة الصفر المطلق تجعل المقاومة الكهربائية منعدمة و عندها يمكن لمحرك دراجة كهربائية أن يشغل سيارةً سياحية .

الصفر المطلق يساوي تقريباً -273.15°C سيليوس أو -459.67°F و هي درجة حرارة افتراضية لا يمكن الوصول إليها أو أنها أخفض درجة حرارة مسموحٌ بوجودها و عند درجة الحرارة هذه تنعدم الحرارة بشكل كامل كما تتوقف حركة الألكترونات بشكل تام .

وخلال انتقال موجات الميكرويف ما بين الأرض و الفضاء فإنها تتعرض لأشكالٍ متعددة من التشويه و الضياع و التخميد حيث تتعرض للإمتصاص Absorption حيث تتحول موجات الميكروويف إلى مجرد حرارة أثناء عبورها في الهواء أو تعرضها للأمطار و الثلوج و البخار و الأوساط اللافلزية nonmetallicكما تتعرض موجات الميكروويف للتشتت Scattering الناتج عن تكسر تلك الموجات و انحنائها عند اصطدامها بالعوائق المختلفة التي تصادفها أثناء انتقالها في الجو كالغبار و المطر و الثلوج و أيونات البلازما ion plasma .
و تتعرض كذلك تلك الموجات للإنكسار Refraction و الإنعكاس Reflection عند اصطدامها بالمعادن و الأبنية , و تتعرض للتعرج Diffraction عند اصطدامها بالمعادن و الأبنية و ما إلى ذلك .

إن طريقة عمل الأقمار الصناعية مشابهة تماماً لطريقة عمل أفران الميكروويف microwave oven ذلك أن أفران الميكروويف تحوي على مضخمات معجلاتٍ مغنطية magnetron amplifier عالية القدرة (ماغنيترون), و مضخمات المعجلات المغنطية هذه تقوم بتوليد حقولٍ عالية الشدة و كافية لإتمام عملية الطهي حيث تهتز جزيئات الطعام على ترددٍ واحد بتأثير هذا الحقل المغناطيسي مما يؤدي إلى توليد حرارةٍ , و كذلك هي الحال بالنسبة إلى هوائيات التجهيزات الفضائية حيث تتولد الحرارة بالقرب من تلك الهوائيات , و لكنها بالطبع ليست حرارة مرتفعة بدرجة أفران الميكروويف .

ومن خصائص الموجة الكهرومغناطيسية electromagnetic wave ما يعرف بالاستقطاب Polarization فهنالك استقطابٌ خطي Linear و هناك استقطابٌ دائري Circular و يتحدد الاستقطاب تبعاً لتوجه orientation هوائي الإرسال الذي قام ببث تلك الموجة أي زاوية دوران ذلك الهوائي المرسل للموجة .

ونحن نجد ظاهرة الاستقطاب الأفقي و العمود في تقنية العرض السينمائي ثلاثي الأبعاد 3D movies, حيث تستخدم أضواءً ذات استقطاب عمودي
Vertically
Vertically و أضواءً ذات استقطاب أفقي horizontally polarized و ذلك لتشكيل صورةٍ مجسمة ثلاثية الأبعاد .

و يقسم الاستقطاب الخطي Linear Polarization إلى استقطاب أفقي vertical و آخر عمودي Horizontal و يرمز للاستقطاب الأفقي في أجهزة الاستقبال الفضائية بالحرف H بينما يرمز للاستقطاب العمودي بالحرف V , و يمكن لنا أن نتخيل الموجة ذات الاستقطاب العمودي بأنها على شكل جدار و الجدار بالطبع يتوضع على شكلٍ عمودي و إلا فإنه لا يكون جداراً , كما يمكننا أن نتخيل الموجة المستقطبة أفقياً بأنها على شكل سقف و السقف بالطبع يتوضع على شكل أفقي أي أن الإختلاف بين الاستقطاب الأفقي و الاستقطاب العمودي هو 90 درجة كالاختلاف بين السقف و الجدار و كالأختلاف بين السطح الأفقي و السطح العمودي , و كذلك فإن الموجة في حالات الاستقطاب العمودي تتحرك نحو الأعلى و الأسفل بينما تتحرك الموجة في حالة الاستقطاب الأفقي يمنةً و يسرة .
و الدليل الموجي waveguide المستطيل الشكل هو الأكثر فاعليةً و الأكثر شيوعاً في إرسال طاقة الميكروويف التي تعتمد عليها تقنية الاتصال الفضائية و هي معتمدةٌ سواء في الأقمار الصناعية أو المحطات الأرضية .
إن الدليل الموجي المستطيل المتوضع على شكلٍ أفقي بصدر موجاتٍ ذات استقطابٍ عمودي بينما يصدر الدليل الموجي المستطيل المتوضع على شكلٍ عمودي موجاتٍ ذات استقطابٍ أفقي .

و بشكلٍ عام فإن الموجة الكهرومغناطيسية المشعة تكون موجةً ذات استقطابٍ خطي polarized linearly .
ويمكن تغيير الاستقطاب polarization بكل بساطةٍ وذلك بتدوير القرن (إبرة البث) و موجه الموجة waveguide بمعدل 90 درجة .
و يمكن الحصول على أفضل اقترانٍ و توافق بين تجهيزات الإرسال و تجهيزات الاستقبال عندما يكون كلاً من مرسل الإشارة و قرن الإستقبال متوضعين على استقطابٍ واحد .
و المعني بقرن الاستقبال هو الإبرة التي تتوضع في مركز طبق الاستقبال الفضائي و التي تقوم بتضخيم الإشارة التي يقوم الهوائي بتجميعها ومن ثم تقوم بإرسالها إلى جهاز الاستقبال الفضائي (الريسيفر) الموجود في المنازل .

يُستفاد من ظاهرة استقطاب الترددات في المقدرة على إعادة استخدام التردد الواحد ذلك أن هذه الظاهرة تسمح بوجود إشارتين ذوات استقطابٍ متباين تعملان على تردد واحد في الوقت ذاته ترسلان من مصدرٍ واحد وهذا ما نجده في أجهزة الاستقبال الفضائي المنزلية حيث نجد حزمتين من القنوات تعملان على تردد متماثل و لكن إحدى هذه الحزم تكون ذات استقطابٍ أفقي H بينما تكون الحزمة الثانية ذات استقطابٍ عمودي V .

ويمكن استقبال كلاً من الموجات ذات الاستقطاب الأفقي و تلك ذات الاستقطاب العمودي كما يمكن منع تداخل هذه الموجات مع بعضها البعض بقيامنا بضبط قرن الاستقبال أو إبرة الاستقبال على 45 درجة أي عندما نضعها بين الصفر و بين 90 درجة و هذا ما يتوجب فعله حتى نتمكن من التقاط كلٍ من الترددات الأفقية و الترددات العمودية .

□ يُستفاد من ظاهرة الإستقطاب polarization من ناحية أنها تتيح لنا إعادة استعمال التردد الواحد frequency reuse حيث تمكننا هذه الظاهرة من بث إشارتين مختلفتين عاملتين على التردد ذاته من المصدر ذاته في وقت واحد شريطة أن تكون هاتين الإشارتين متعاكستي الإستقطاب أو متصالبتي الإستقطاب cross-polarized
حيث يتم إرسال إحدى هاتين الإشارتين بزاوية (صفر) بينما يتم إرسال الإشارة الثانية بزاوية 90 درجة و يتم التقاط كلتا الإشارتين بتدوير قرن التغذية (الإبرة ,أو اللاقط) بزاوية 45 درجة .

مثلاً يكون لدينا حزمة قنوات فضائية عاملة على التردد 12333 ذات استقطاب أفقي H و حزمة قنوات أخرى عاملة على التردد ذاته و لكن استقطابها عمودي V .

و تجنباً لحدوث أي تداخل بين الإشارات ذات الاستقطاب المختلف فإننا نلجأ إلى حساب عامل عزل الإستقطاب polarization isolation و يحصل العزل الأعظي عند زاوية إزاحة offset angle تبلغ (صفر) درجة أي عندما يكون الهوائي المستقبل مستقطب مع الهوائي المرسل , و لكن من الناحية العملية لا حاجة لتحقيق الاقتران التام بين الهوائي المرسل و بين الهوائي المستقبل حيث أن هنالك سماحية مقدارها (زائد – ناقص خمس درجات) ±5 أي يمكن التساهل في حدوث خطأ في الاقتران و التوجه بين الهوائي المرسل و الهوائي المستقبل على ألا يزيد هذا الخطأ عن خمس درجات و إلا فإن جودة الإشارة ستتأثر سلبياً .
و القيمة العليا للعزل تبلغ 40 ديسبل 40 db .

توصف زاوية الإزاحة بأنها الزاوية التي تمكن طبق الاستقبال الفضائي من استقبال شارتين متباينتين من حيث الاستقطاب في الوقت ذاته.

إن ضبط الاستقطاب يتم ببساطة عبر تدوير قرن التغذية و لكن ضبط الاستقطاب و عزل الاستقطاب ليس مسئولية الطرف المستقبل و حسب حيث يخضع الاستقطاب لمؤثراتٍ خارجية مثل ظاهرة " فاراداي " Faraday المتمثلة في انفتال الاستقطاب الخطي (الأفقي و العمودي) تحت تأثير ما يدعى بالكرة الأيونية ionosphere فإذا تسببت هذه الكرة الأيونية في انحرافٍ مقداره ست درجات 6° فهذا يعني بأن عزل الاستقطاب المتصالب cross-polarization isolation سيصبح تقريباً 60 ديسيبل 60 dB .

و بالإضافة إلى الاستقطاب الخطي العمودي و الأفقي فإن هنالك استقطابٌ آخر مستعمل في الخدمات الفضائية المحمولة MSS و غيرها من الخدمات الفضائية و هذا الشكل من أشكال الاستقطاب هو الاستقطاب الدائري Circular Polarization (CP) وهذا الشكل من أشكال الاستقطاب لا يستدعي أن يكون الهوائي المستقبل مستقطباً أو متوافقاً مع الهوائي المرسل . والإشارة ذات الاستقطاب الدائري إما أن تكون إشارةً يمينية right-hand CP (RCP) أو إشارةً يسارية Lefthand CP (LCP)

يتكون الاستقطاب الدائري CP Circular Polarization من موجتين متماثلتين ذوات استقطابٍ خطي LP linear polarizations و يجب أن تكون هاتين الموجتين ذوات استقطابٍ متصالب cross-polarized أو متعاكس مع بعضهما البعض .
و أثناء انتقال الموجة ذات الاستقطاب الدائري في الفضاء إما أن تدور نحو اليمين (RCP) و إما أن تدور نحو اليسار (LCP) .

وكما هي الحال في الموجات ذات الاستقطاب الخطي فإن الاستقطاب الدائري يتيح لنا أن نعيد استعمال التردد الواحد أي أن نبث إشارتين مختلفتين من حيث البيانات و لكنهما عاملتين على ترددٍ واحد من مصدرٍ واحد في وقتٍ واحد دون أن يحدث تداخلٌ بينهما , ذلك أن الموجات ذات الاستقطاب الدائري اليساري LCP و الموجات ذات الاستقطاب الدائري اليميني RCP هي موجاتٌ متعاكسة مع بعضها البعض من حيث الاستقطاب oppositely polarized كما هي حال الموجات ذات الاستقطاب الأفقي و الموجات ذات الاستقطاب العمودي في حالة البث ذو الاستقطاب الخطي .

و يمتلك البث ذو الاستقطاب الدائري ميزةً هامة حيث أن الهوائي المستقبل للبث ذو الاستقطاب الدائري لا يتوجب فيه أن يكون متوافقاً و مستقطباً مع الهوائي المرسل للإشارة ذات الاستقطاب الدائري .
و يتألف هوائي استقبال الموجات ذات الاستقطاب الدائري من عناصر استقطابٍ خطي LP أفقية و عمودية .

و نظراً لأن البث غالباً ما يكون بثاً ذو استقطاب أفقي أو عمودي فإن أداة تعرف باسم (المستقطب polarizer تستخدم لتحويل الموجة ذات الاستقطاب الخطي إلى موجةٍ ذات استقطابٍ دائري

, وغالباً ما يتم هذا التحويل عبر توليد إشارتين تتميزان باستقطابٍ خطي متعامد orthogonal linear polarizations وذلك بتأخير إحدى الإشارتين بمعدل تسعين درجة (ربع طول الموجة)
.

ولكن عزل الاستقطاب polarization isolation في حالة الاستقطاب الدائري CP لا يكون مرتفعاً كما هي حال الاستقطاب الخطي LP و ذلك نتيجةً لانعدام التوازن بين مكوني الموجة ذات الاستقطاب الدائري وانعدام التوازن هذا بين مكوني الموجة ذات الاستقطاب الدائري يؤدي إلى تشكل استقطابٍ إهليليجي يقاس بمصطلح النسبة المحورية axial ratio حيث تتميز الموجة ذات الاستقطاب الدائري بنسبةٍ محورية axial ratio تتراوح بين صفر و 1 ديسيبل dB .

يمكن التشويش على أي قمرٍ صناعي أو محطة فضائية وذلك بتوجيه إشارة ميكروويف قوية مثل شارة أبراج البث الخليوي المحلي إلى ذلك القمر الصناعي و ينجح ذلك التشويش أياً يكن مصدره شريطة أن يكون تردد موجاته مماثلاً لتردد الموجات التي يعمل عليها هوائي الاستقبال الفضائي.
كما ينجم التشويش كذلك عن تداخل هوامش إشارة قمر صناعي ما مع إشارة قمرٍ صناعيٍ آخر , لذلك تعمل هيئاتٌ دولية على تنظيم ترددات البث كما أن الأنظمة الدولية تلزم الهيئات المطلقة للأقمار الصناعية بمراعاةٌ أن يوضع القمر الصناعي على بعد درجتين على الأقل من القمر المجاور له .

إن النطاقات الترددية التي تتراوح بين 22 و 66 GHz تماثل في رنينها رنين عنصر الأوكسجين و بخار الماء المنتشرين في الجو لذلك فإن هذه الترددات تصلح فقط لأن تعمل عليها الوصلات الصاعدة uplinks التي ترسل البيانات من المحطات الأرضية إلى الأقمار الصناعية و تلك الترددات لا تصلح لأن تعمل عليها الوصلات الهابطة downlinks أي التي ترسل البيانات من القمر الصناعي باتجاه الأرض , و لكن هذه الترددات المرتفعة تصلح للاستخدام في الوصلات المباشرة بين الأقمار الصناعية المختلفة أي الوصلات الفضائية البينية intersatellite links (ISLs) و التي تدعى كذلك بالوصلات التصالبية cross-links أي الوصلات التي تؤمن الإتصال بين الأقمار الصناعية .

و كما تتعرض إشارة الاتصالات الفضائية للضياع في الفضاء الخارجي فإن النطاقات ذات الترددات الأعلى من تردد النطاق سي باند C-band تتعرض للتخميد الناجم عن الأمطار rain attenuation حيث تتسبب قطرات المطر في امتصاص و تشتيت طاقة الميكروويف و هذا التخميد و الضياع بفعل الأمطار يزداد كلما ارتفع التردد .

وثمة عامل هام يتدخل في عملية التخميد الناجم عن المطر و هو عامل زاوية الارتفاع elevation angle فكلما انخفضت زاوية الارتفاع عن الأرض كلما ازداد عامل تخميد الإشارة بفعل المطر .

كما تتسبب الأمطار الغزيرة كذلك في تغيير استقطاب الإشارة , حيث يتسبب ضغط الغلاف الجوي في تمدد قطرات المطر و تطاولها مما يتسبب في مضائلة عزل الاستقطاب المتقاطع cross-polarization isolation الذي يعزل الإشارات ذات الاستقطاب الأفقي عن الإشارات ذات الاستقطاب العمودي في البث ذو الاستقطاب الخطي .

ففي حال نظام البث (كيو باند) Ku-band تتسبب الأمطار في هبوط قيمة العزل من 40 dB ديسيبل إلى 25 dB ديسيبل .

ولكن زوال الاستقطاب Depolarization الناجم عن الأمطار لايعد مشكلةً كبيرة في نظام البث (سي باند) C-band و الترددات المنخفضة في نظام البث (كيو باند) Ku-band , و لكن الأمطار تتسبب في مضائلة العزل بشكل ملحوظٍ و مؤثر في الترددات الأعلى من 15 GHz غيغاهرتز .

و بشكلٍ عام تتسبب الأمطار في إزالة القطبية depolarization في البث ذو الاستقطاب الدائري CP بشكلٍ أشد من إزالتها لقطبية البث ذو الاستقطاب الخطي LP

وهنالك برامج كومبيوتر مخصصة لحساب التخميد الناجم عن الأمطار مثل برنامج (سات ماستر) SatMaster .

تقوم طبقة الأيونوسفير ionosphere الكرة المتأينة بعكس الإشارات التي تتراوح تردداتها بين 0.1 و 30MHz ميغاهرتز مما يؤدي إلى نشوء ظاهرة تعرف بالموجة الفضائية sky wave و هذه الظاهرة تسمح للموجات القصيرة short-wave بتغطية مساحاتٍ واسعة .

كما أن طبقة الأيونوسفير ionosphere هذه تقوم بتدوير الإستقطاب الخطي linear polarization لموجات الميكروويف و هو ما يعرف بمؤثر فاراداي Faraday , و يمكن حل المشكلات الناجمة عن هذه الظاهرة في حال الترددات الأعلى من 3 GHz غيغا هرتز بإعادة ضبط قرن التغذية feed-horn (الإبرة) في المحطات الأرضية و لكن المشكلة تكمن في أن ضبط زاوية دوران قرن التغذية يختلف ما بين الليل و النهار بمقدار 6° درجات .

وفي الترددات الأقل من 3 GHz غيغاهرتز يؤدي مؤثر فاراداي إلى إحداث دورةٍ كاملة أو أكثر و هذا أحد الأسباب التي تستدعي استخدام أنظمة بث ذات استقطابٍ دائري CP , علماً أن مؤثر فاراداي يزيد بشكلٍ ملحوظ عندما يزداد نشاط البقع الشمسية sunspot

غير أن مؤثر فاراداي يتضائل مع ازدياد التردد حيث يصبح تأثيره هامشياً في حال النطاق " كيو باند " Ku-band و النطاقات ذات التردد الأعلى .

إن الترددات المنخفضة مثل النطاق الترددي سي باند و الترددات المنخفضة في النطاق الترددي كيو باند تكون أقل تأثراً بالأمطار من الترددات المرتفعة بينما تكون الترددات المرتفعة أقل تأثراً من الترددات المنخفضة بمؤثر فاراداي .

و عندما يزيد التردد عن 15 GHz غيغاهرتز يزداد معدل الرنين resonance و الامتصاص الجوي absorption بشكلٍ كبير .
و كما تعلمون فإن موجات الميكروويف تنتقل في الفضاء و فق خط النظر The line-of-sight أي أنها تنتقل بشكلٍ مستقيمٍ و مباشر ما بين القمر الصناعي و المحطة الأرضية و عند اصطدام هذه الموجات بأي عائقٍ فإنها لا تصل إلى هدفها وهذا ينطبق بشكلٍ رئيسي على الترددات الأعلى من 3 GHz غيغاهرتز .
أما بالنسبة للترددات الأدنى من 3 GHz مثل الإل باند L-
و الإس باند S-band فإن التجهيزات المخصصة للتعامل مع هذه الترددات تسمح بالإستفادة من الإشارة المنعكسة من على الأبنية و العوائق حيث تتم الإستفادة من هذه الظاهرة في منظومات الهواتف النقالة و الأجهزة الخليوية cellular
□ المسارات المتعددة Multipath
المسار المتعدد عبارة عن تردد راديوي RF يتألف من إشارتين إحداهما مباشرة و سريعة و الثانية إشارةٌ بطيئة و منكسرة refracted و غير مباشرة.
إن ظاهرة تلألؤ النجوم في السماء هي من الظواهر المسار المتعدد حيث ينطلق إشعاعين من هذه النجوم الأول مباشر و الثاني متأخرٌ و غير مباشر .

و تحدث ظاهرة المسارات المتعددة مرتين في العام و هما فترتي الإعتدال equinoxes اللتين تحدثا في 21 مارس و 23 سبتمبر و تدعى هاتين الفترتين بفترتي الإعتدال الربيعي و الإعتدال الخريفي لأن طول الليل يتساوى مع طول النهار فيهما .
إن المحطات الأرضية المتوضعة قرب خط الاستواء الجيومغناطيسي geomagnetic equator تعاني من تلاشي الوميضscintillation fades خلال تلك الفترة , حيث تزداد الإشارات و تتناقص بشكلٍ مستمر .

و تؤثر ظاهرة المسارات المتعددة بشكلٍ خاص في الإشارات التي تعمل على النطاقين : إس باند S-band و إل باند – Lالخاصين بالخدمات الفضائية المحمولة , و باعتبار أن التجهيزات العاملة و فق هذين النطاقين لا تستخدم هوائياتٍ موجهة ثابتة فإنها تتلقى إشاراتٍ منعكسة آتية من جهاتٍ مختلفة في الوقت ذاته و لكن الغلبة تكون دوماً للمسار المباشر the direct path , أما المسار المنعكس أو المسار المتأخر فإنه يُحدث خفوتاً .

إن الإتصالات الأرضية المحمولة , كما هي حال الهواتف النقالة , لا تعتمد في عملها على مبدأ مسار خط النظر أي أن عملها لا يستدعي أن نوجهها بشكلٍ مباشر نحو الهوائيات الخاصة بمزودات الخدمة , و حقيقة الأمر أن الإتصالات الأرضية المحمولة تعتمد في عملها على التواصل ذو المسارات المتعددة multipath و ذلك لتأمين الخدمة في مناطق مكتظة بالأبنية المرتفعة التي تعكس الإشارة , وفي هذا النوع من أنواع الخدمة هناك هامشٌ قدره 30 dB ديسيبل بين الهاتف المحمول و بين هوائيات المخدمات .

و في الوقت الذي نجد فيه بأن تقنيات الاتصال المحمولة تستفيد من ظاهرة إنعكاس الإشارة من على العوائق المختلفة فالهاتف المحمول الموجود في الهواء الطلق يستفيد من إشارتين الأولى هي إشارة خط النظر التي تصله بشكل مباشر أما الإشارة الثانية فهي الإشارة المنعكسة التي تصل إلى الجهاز بشكل متأخر بعد انعكاسها من على العوائق المختلفة .
غير أن إنعكاس الإشارة يمثل مشكلةً حقيقية في حالة المستقبلات الفضائية حيث أن هذا الإنعكاس يؤثر بشكلٍ سلبي على جودة الخدمة .

الأقمار الصناعية
الأقمار الصناعية عبارة عن مرددات موجات صغرى microwave و القمر الصناعي يدور في مدارات متباينة الارتفاع و المدارات التي يقل ارتفاعها عن 36,000 كيلومتر تتطلب أقل من 24 ساعة حتى تدور حول الأرض , لذلك توصف هذه المدارات بأنها مدارات غير ثابتة أرضياً geostationary NON.

. أما المدارات التي يبلغ ارتفاعها 36000 كيلومتر فإنها تتطلب 24 ساعة حتى تدور حول الأرض توصف بأنها محطات ثابتة GEO.

وتوصف المحطات الثابتة أرضياً GEO بأنها محطات فضائية متزامنة أرضياً geosynchronous (synchronous) لأنها تدور بشكلٍ متزامن مع دوران الأرض مما يبقيها ثابتةً في مداراتها كما توصف كذلك بأنها توابع متزامنة A synchronous Satellite .
Satellite .

أما نظام الإيريديوم Iridium فإنه يتضمن وجود عدة توابع (أقمار) صناعية تؤمن تغطيةً مستمرة لمنطقة معينة من مناطق الأرض , و نظام توابع الإيريديوم الجوالة هذا يدور في مداراتٍ أرضيةٍ منخفضة low Earth orbit (LEO) , يكون ارتفاعها بحدود 780 كيلومتر .

ولكن المحطات الفضائية الثابتة أرضياً GEO satellite تؤمن تغطيةً ثابتة و مستمرة للمناطق الخاضعة لتغطية إشعاع مداسها footprint , بل إن المحطات الثابتة أرضياً يمكن أن تؤمن تغطية لنصف الكرة الأرضية hemisphere في وقتٍ واحد وهو أمر غير ممكن في نظام الإيريديوم .
ومثال هذا النمط من البث الفضائي القمرالصناعي الآسيوي : جي إس سات JCSat 2a حيث يمتلك هذا القمر 24 مرسلاً من النمط : سي باند C-band و 24 مرسلاً transponders من النمط : كيو باند Ku-band .

العمر الإفتراضي لأقمار المدارات الثابتة GEO لا يتعدى خمسة عشر عاماً , أما العمر الإفتراضي لأقمار المدارات غير الثابتة Non-GEO satellites والتي تتوضع في مدارات يقل ارتفاعها عن 1,500 كيلومتر فإنه لا يتجاوز الأعوام العشرة حيث تكون تلك الأقمار عرضةً للمقاومة الجوية atmospheric drag والإشعاعات الكونية .

وثمة علاقة بين المدة التي يتطلبها القمر الصناعي حتى يتم دورته حول الأرض و بين بعد القمر الصناعي عن الأرض حيث أن المدار يصبح أكبر كلما ابتعد القمر الصناعي عن الأرض ففي مدارات يتراوح بعدها عن الأرض بين 500 و ألف كيلو متر يستغرق القمر الصناعي أقل من ساعتين حتى يتم دورةً كاملةً حول الأرض و كلما ازداد ارتفاع القمر الصناعي ازدادت المدة .
و الأقمار الصناعية التي تبعد عن الأرض بمقدار عشرة آلاف كيلومتر تحتاج إلى ست ساعات حتى تتم دورتها حول الأرض .
وتتعلق المدة التي يتطلبها القمر الصناعي حتى يتم دورةً كاملة حول الأرض بمقدار بعد القمر عن مركز الأرض تحديداً و ليس بمقدار بعده عن سطح البحر .

وثمة فائدة كبيرة تحققها الأقمار الصناعية القريبة من الأرض حيث أنه كلما اقترب القمر الصناعي من الأرض قلت المسافة التي يتوجب إرسال الموجات الراديوية إليها و بالتالي تضائلت احتياجات ذلك القمر الصناعي للطاقة و قل زمن التأخير أي تضائل الزمن الذي يتطلبه وصول الإشارة .

وتدور الأقمار الصناعية حول الأرض في ثلاث مدارات أكثرها قرباً مدارات LEO ثم تأتي المدارات المتوسطة MEO أما المدارات الأكثر بعداً فهي المدارات الثابتة GEO وهي المدارات التي يحتاج القمر الصناعي الموجود فيها إلى أربعةٍ و عشرين ساعة حتى يتم دورةً كاملة حول الأرض و يدعى هذا المدار الأخير بالمدار المتزامن أرضياً geosynchronous orbit لأن دورانه متزامنٌ مع دوران الأرض حول نفسها .

□

□ تمتلك أجهزة الاستقبال الفضائي الرقمية (الديجتال) من جهتها الخلفية مدخلين مدخلين الأول مدخلالنطاق الترددي سي باند و الثاني مدخل النطاق الترددي كيو باند ولكن المدخل المستخدم في الشرق الأوسط هو مدخل الكيوباند لأن مضخمات الإشارة (الإبرة) الموجودة في أسواق الشرق الأوسط هي من النوع : كيو باند , ولعل سكان الشرق الأوسط يذكرون بأنه قبل انتشار أجهزة الاستقبال الرقمية كانت تنتشر أجهزة استقبال تماثلية ANALOGUE تعمل بنظامين :

□

□ إبرة من النمط : سي باند , وكانت تستخدم لاستقبال بث قمر العربسات .

□

□ إبرة من النمط : كيو باند , وكانت تستخدم لا ستقبال الأقمار الأخرى .
وكما تذكرون فقد كانت إشارة النطاق الترددي الكيوباند أشد قوة و أكثر نقاءً وكان من الممكن التقاطها باستخدام هوائي استقبال صغير بينما كانت إشارة النطاق الترددي سي باند أكثر ضعفاً و أقل نقاءً لذلك فقد كانت تحتاج إلى هوائي استقبالٍ كبير .

□

□ المرسل Transponder عبارة عن حزمة أو باقة من الموجات الصغروية microwave channel .
■ يمكن للأقمار الصناعية أن تؤمن اتصالاً كاملاً ذو مسارين للاتصال full-duplex two-way مما يمكن مستخدميها من استخدام التقنيات التفاعلية دون الحاجة لاستخدام اتصالاتٍ أرضية Terrestrial

□ هناك نمطين من أنماط الانترنت الفضائي
□
□ النمط ذو المسار الواحد و يتطلب وجود اتصالٍ أرضي بالأضافة إلى الاتصال الفضائي وفي هذا النمط يطلب المستخدم الملف الذي يريده باستخدام أنترنت خط الهاتف الاعتيادي ومن ثم يقوم مقدم الخدمة الفضائية بإرسال ذلك الملف إلى ذلك المشترك باستخدام تقنيات الاتصال الفضائية ويمكن للمستخدم في هذه الحالة أن يطلب من مقدم الخدمة الفضائية بشكلٍ مسبق أن يقوم بإرسال ملفاتٍ معينة إليه دون طلب , فعلى سبيل المثال يمكن للمستخدم أن يطلب من مقدم الخدمة الفضائية أن يرسل إليه بشكلٍ فوري كل بريدٍ ألكتروني جديد يصل إليه .
ولكن هل يمكن لمستخدم الانترنت الفضائي ذو المسار الواحد أن يرسل رسالة ألكترونية دون وجود خط اتصال أرضي بالأنترنت ؟ بالتأكيد لا يمكن له ذلك .
□ الانترنت الفضائي ذو المسارين : يمكن هذا النمط المستخدم من التواصل بشكلٍ مباشرٍ مع الأقمار الصناعية مما يمكنه من إرسال و استقبال البيانات مباشرةً إلى الأقمار الصناعية و هذا النمط أشد حداثة كما أنه يؤمن الأنترنت في المواقع التي لا وجود فيها للاتصالات الأرضية .

تدعم شبكات الانترنت الفضائي كلاً من بروتوكول الأنترنت Internet Protocol \ IP
وبروتوكول التحكم بشبكة الإرسال Transmission Control Protocol/ TCP و ونمط التحويل غير المتزامن Asynchronous Transfer Mode ATM وهذه البروتوكولات تعتبر اليوم من أساسيات الاتصالات الحديثة.
.
وفي السنوات القادمة يمكن أن تدمج الإتصالات الفضائية مع الاتصالات اللاسلكية الأرضية كتقنية الاتصالات الخليوية من الجيل الثالث third generation cellular (3G) و الجيل الثاني و ذلك لأن ترددات الخدمة الفضائية الجوالة mobile satellite service (MSS
مماثلة للترددات التي تعمل عليها تقنية الجيل الثاني 2G و الجيل الثالث 3G اللاسلكية .

يستخدم الأفراد أجهزةً صغيرة للتواصل مع الأقمار الصناعية و تدعى هذه المحطات الصغيرة بالمنافذ الطرفية المتناهية الصغر very small aperture terminal (VSAT) .
وفي الاتصالات الأرضية نحتاج إلى 20 مكرر إشارة حتى نتمكن من إيصال الإشارة إلى مسافة ألف كيلومتر حيث أن الموجات الميكروويةmicrowave تنتقل في خطوطٍ مستقيمةٍ من مكانٍ لآخر و تمتلك مقدرة ضئيلةً على الالتفاف على العوائق ويدعى هذا الشكل من أشكال انتقال الإشارة بالإشارات التي تنتقل على شكل خط نظر line-of-sight .
وهناك اتصالات لاسلكية عريضة الحزمة توصف بأنها لا تنتقل على شكل خط نظر nonline-of-sight (NLOS) .
تستخدم معظم أقمار المدارات الثابتة GEO تردداتٍ ضمن نطاقٍ يتراوح بين 3.5 و6.5
(GHz
GHz (جيجاهرتز) بالنسبة للنطاق (سي باند) (C-band) , كما تعتمد تردداتٍ تتراوح بين 10.5 و 14.5 GHz (جيجاهرتز) بالنسبة للنطاق : (كيو باند) (Ku-band) .
أما مقدار البيانات التي يمكن للقمر الصناعي نقلها في ثانيةٍ واحدة أي عرض النطاق bandwidth فتقاس بعدد البيتات التي تنقل في ثانيةٍ واحدة bits per second وليس بالهرتز .

يطلق مصطلح (المداس) أو بصمة القدم footprint على المناطق التي يغطيها إشعاع القمر الصناعي أي المناطق التي يخدمها ذلك القمر وهي من الناحية الفنية المناطق التي يمكن للقمر رؤيتها و يمكن لها أن ترى القمر دون أن يوجد عائق بينها و بين القمر الصناعي .

□ من أساسيات الاتصالات الفضائية ألا يحول أي عائقٍ بين هوائي الاستقبال الفضائي و بين القمر الصناعي و إلا فإن الهوائي لن يتمكن من تجميع إشارة القمر الصناعي و إرسالها إلى مضخم الإشارة (الإبرة) الذي يتوضع في مركز طبق الاستقبال
.
وكما رأينا سابقاً فإن الأقمار الصناعية تعتمد على تقنية ترددات الموجات الصغروية (الميكرو ويف) microwave frequencies وهي الموجات التي يتراوح ترددها بين ألف ميغاهرتز 1,000 MHz أي واحد غيغا هرتز (1) GHz و بين 30 GHz غيغا هرتز .

وقد استخدمت موجات الميكروويف خلال الحرب العالمية الثانية في الرادارات , و تمتاز موجات الميكرو ويف بالخصائص التالية :
□ تنتقل موجات الميكرو ويف بشكلٍ مستقيم على شكل خط نظر Line-of-sight.
□ لايمكن لموجات الميكرو ويف أن تجتاز العوائق الصلبة في الترددات المنخفضة .
يمكن لشجرة أن تمنع استقبال البث الفضائي مثلاً .
□ لا يمكن لموجات الميكرو ويف أن تجتاز العوائق الجوية كالأمطار الغزيرة و الثلوج عندما تكون ترددات تلك الموجات مرتفعة .
ومن منا لم يلاحظ إنقطاع بث القنوات ذات الترددات العالية في الأمطار الغزيرة .
□ تمتاز موجات الميكرو ويف بنطاق حزمةٍ عريض Wide bandwidths حيث يمكنها ذلك من حمل كمٍ هائلٍ من البيانات و ذلك

مقارنةً بالموجات ذات التردد الأكثر انخفاضاً من تردد موجات الميكروويف مثل موجات HFو الموجات التلفزيونية (VHF) و (UHF) و موجات إف إم (FM).
□
□ إمكانية تجميع موجات الميكروويف باستخدام هوائيات استقبال معدنية مقعرة .

يقاس امتصاص الجو للموجات الكهرومغناطيسية بوحدة قياس هي الديسيبل decibels حيث يزداد امتصاص الجو لموجات الميكروويف عندما يتجاوز تردد تلك الموجات عتبة 12 GHz ويكون امتصاص الجو لموجات الميكروويف شبه تام عندما يكون تردد تلك الموجات قريباً من 66 GHz بسبب رنين عنصر الأوكسجين , لذلك فإن الترددات السابقة لا تستخدم في الاتصالات بين الأرض و الفضاء ولكن هذه الترددات تستخدم للتواصل الفضائي البيني
intersatellite links
intersatellite links أي تواصل الأقمار الصناعية مع بعضها البعض.
وفي الترددات الأعلى من 4 GHz يكون تأثير تخميد الأمطار rain attenuation بالغ الشدة حيث تقوم قطرات الماء بامتصاص موجات الميكروويف نظراً للتناسب الحاصل بين حجم قطرات المطر و بين أطوال الموجات .

ومن الصعب بث موجات كهرومغناطيسية ذات ترددٍ أعلى من30 GHz حيث يزداد التخميد الجوي atmospheric attenuation فوق هذا التردد .

إن الموجات الراديوية RF تدعى بالموجات الحاملة carrier , أما البيانات التي تحملها تلك الموجات فتدعى بالتعديل modulation وهذا التعديل إما أن يكون رقمياً أو تماثلياً .
وبمجرد أن يتم تعديل الحامل أي تحميله بالبيانات أياً كان نوعها فإن ذلك الحامل ينتج حزماً جانبية sidebands وهذه الحزم هي بمثابة المعلومات المحمولة .
لذلك فإن الحامل المعدل modulated carrier أي التردد الذي حملت عليه البيانات يحتل عرض حزمة مماثلاً لعرض حزمة الموجات الراديوية RF bandwidth .

غير أن عرض الحزمة bandwidth يكون متناسباً مع معدل بتات bit rate البيانات المحمولة .
وعندما يكون هنالك حاملين على ذات التردد أو عندما يكونان ذوي عرض حزمة متراكب overlapping bandwidths عندها يحصل تداخل تردد راديوي radio frequency interference (RFI) أي تشويش .
وهذا التداخل أو التشويش يتخذ شكل ضجيج الخلفية background noise فيظهر على شكل صوتٍ مزعج في الفترات التي لا يكون فيها صوت أو عندما يكون الصوت خافتاً , أو أنه يظهر على شكل خلفية مزعجة للصورة وقد يتخذ هذا التداخل صوت الطنين .

تداخل الترددات مع بعضها البعض.

Overlap region منطقة التداحل أو التراكب وهي المنطقة التي يحدث فيها التداخل و التشويش.

وعلى الأغلب لا تستخدم ترددات أقل من 100 MHz في عالم الاتصالات الفضائية , و يعتبر نطاق البث الفضائي كيو باند Ku-band من أكثر أنظمة البث الفضائي انتشاراً نظراً لانخفاض تكلفة تجهيزات البث الخاصة بنظام البث هذا , و على الأغلب فإنه نطاق الاستقبال الذي يعمل عليه جهاز الريسيفر في منزلكم و لتبين ذلك أنظر إلى الإبرة و إلى مدخل الإبرة , كما يمكنك تبين ذلك من قوائم ضبط الجهاز.

أما أنظمة البث كا باند ka و كيو باند Q و في باند V فإنها تعتمد على أطوال موجاتٍ ميليمترية millimeter wavelengths وهذا الأمر شديد الأهمية حيث أنه يتيح بث بيانات ذات عرض حزمة شديد الاتساع و بذات الوقت فإنها تتيح التقاط البث باستخدام هوائياتٍ صغيرة .

نطاق الترددات الميليمترية : تردداتها شديدة الارتفاع تتراوح ما بين 30 و 300 غيغا هرتز .
ترددات الميكرو ويف(الموجات الصغرى) تردداتها أدنى من ترددات الموجات المليمترية حيث يتراوح تردد موجات الميكروويف بين 300 ميغاهرتز و 30 غيغاهرتز .
أي أن أعلى تردد في موجات الميكروويف هو أدنى تردد تعمل عليه الموجات المليمترية.

نطاق الترددات الميليمترية : طول موجتها يتراوح ما بين 1 و 10 مليمتر .
ترددات الميكرو ويف(الموجات الصغرى) يتراوح طول موجتها بين 1 سنتيمتر و 100 سنتيمتر .
أي أن أعلى طول موجة في الموجات المليمترية وهو يمثل 10 مليمتر أو سنتيمتر واحد هو أدنى طول موجة في موجات

الميكروويف.

طول الموجة الميليمترية يتراوح ما بين 1 و 10 ميليمتر .
يتراوح طول موجة الميكروويف بين 1 و 100 سنتيمتر .
أي أن أعلى طول موجة في الموجات المليمترية وهي10 مليمتر أو سنتيمتر واحد هي أدنى طول موجة في موجات الميكروويف.

عرض النطاق bandwidth في موجات الميكروويف : عالي .
عرض النطاق bandwidth في الموجات الميليمترية : شديد الاتساع.

حجم الهوائي اللازم لاستقبال الموجات الميليمترية صغير الحجم نظراً لقصر طول الموجات الميليمترية حيث لا يتجاوز طول الموجة الميلمترية سنتيمتر واحد أي 10 ميليمتر.
حجم الهوائي اللازم لاستقبال الميكروويف أكبر حجماً و خصوصاً الترددات المنخفضة نظراً لأن موجات الميكروويف أكثر طولاً.

مجال تغطية الموجات الميلمترية ضيقٌ و محلي.
مجال تغطية موجات الميكروويف واسع و دولي و خصوصاً عند الترددات التي تتراوح ما بين 4 و 13 غيغا هرتز.

يمكن إعادة استخدام التردد frequency reuse في نظام الموجات الميليمترية.
يتسبب إعادة استخدام التردد في نظام الميكروويف حدوث تشويش و تداخلات interference.

الكسب في موجات الميكروويف مرتفع.
الكسب في الموجات الميليمترية شديد الارتفاع كما أنه متناسبٌ مع التردد.

التخميد attenuation بفعل الأمطار في الموجات الميليمترية مرتفعٌ جداً .
التخميد بفعل الأمطار في موجات الميكروويف أدنى بكثير و خصوصاً في الترددات المنخفضة.

تستخدم الموجات المبليمترية في الرادارات و مجال الصور الطبية.
تستخدم موجات الميكروويف في مجال الرادارات و الاتصالات الخليوية و البث التلفزيوني و الاتصالات.

الموجات الميليمترية Millimeter waves هي بالتعريف موجاتٌ كهرومغناطيسية electromagnetic (راديوية) و هذه الموجات تحتل النطاق الترددي الذي يتراوح بين 30 و 300 غيغاهرتز GHz أي أن نطاق الموجة الميليمترية 30 غيغاهرتز يتناسب مع طول موجة ميليمترية يبلغ 10 ميليمتر بينما يتناسب النطاق الترددي 300 غيغاهرتز مع موجة ميليمترية يبلغ طولها 1 ميليمتر.
تستخدم الموجات المبليمترية في اتصالات الجيل الخامس 5G.
يبلغ طول الموجة المستخدمة اليوم في مجال الاتصالات الخليوية 10 سنتيمتر .

أنظمة البث ذات النطاقات المليمترية millimeter-wave bands هي أشد عرضةً لتخميد الأمطار . rain attenuation
وكما تعلمون فإن حزمة بيانات الانترنت تنقسم إلى وصلتين اثنتين : وصلة تحميل و وصلة تنزيل حيث تستخدم وصلة التنزيل في تنزيل الملفات و صفحات الانترنت من شبكة الانترنت إلى الجهاز أما وصلة التحميل فإنها تستخدم في رفع الملفات من الجهاز إلى شبكة الانترنت , و كذلك الحال بالنسبة إلى نطاق البث الفضائي حيث يقسم نطاق البث الفضائي إلى وصلتين متماثلتين في السعة :

- □
- □ وصلة تقوم بإرسال البيانات من الأرض إلى الفضاء و تدعى هذه الوصلة بالوصلة الصاعدة (the uplink) .
- □
- □ وصلة لإرسال البيانات من الفضاء إلى الأرض وتدعى بالوصلة الهابطة (the downlink) .

إن نطاق تردد الوصلة الصاعدة Uplink frequency bands غالباً ما يكون أكثر ارتفاعاً من نطاق تردد الوصلة الهابطة downlink frequency band و ذلك لأن إنتاج الموجة الراديوية RF يكون أكثر سهولة في المحطات الأرضية مما هو عليه في القمر الصناعي .

وهناك سمةٌ طبيعية في المضخمات الراديوية تتمثل في أن كفاءة التحويل من التيار المتناوب alternating current (ac) إلى طاقة راديوية RF power تنخفض كلما ازداد التردد .
إن نتاج المضخمات في المحطات الأرضية هو أكبر بعشرة أضعافٍ أو بمئة ضعف من نتاج مضخمات المحطات الفضائية .

و يقال عن بعض ترددات النطاقات الفضائية بأنها مشتركة أي أن هذه الترددات تستخدم في الاتصالات الفضائية و الاتصالات الآرضية على حدٍ سواء ولكن التداخل و التشويش ممكن الحدوث بين الاتصالات الأرضية و الاتصالات الفضائية .
تستخدم الاتصالات الفضائية موجات VHF , UHF كذلك ذات نطاق ترددي يتراوح بين 400 و 1,000 ميغا هرتز MHz وهذه الموجات تستخدم في الاتصالات الأرضية اللاسلكية , و تستخدم الأقمار الصناعية التي تدور في مدارات منخفضة هذا النوع من الموجات , ولكن هذه الموجات تتميز بعرض حزمة bandwidth منخفض لأن ترددات تلك الموجات منخفضة وهذا يعني أنه لا يمكن تحميل كميات كبيرة من البيانات على هذه الموجات .

ومن عيوب موجات الميكروويف التي تعتمدها الأقمار الصناعية أنها موجات مباشرة مستقيمة لا تستطيع اختراق المعوقات الصلبة و السائلة ولا تستطيع الالتفاف عليها , لذلك فإن استخدام موجات أكثر طولاً wavelengths longer سيجعل موجات الميكروويف قادرةً على الالتفاف على المعوقات .

و الأكثر من ذلك فإن الموجات الأكثر طولاً تمتلك القدرة على النفاذ عبر العوائق غير المعدنية nonmetallic .

يمثل التردد واحد غيغاهرتز 1 GHz العتبة الدنيا لترددات الميكروويف ذات التطبيقات العملية في عالم الاتصالات الفضائية , أي الاتصالات بين الأرض و الفضاء , حيث تنتشر هذه الموجات في الفضاء بشكلٍ مستقيم على شكل خط نظر line-of-sight , وهذه الموجات تتعرض لإعاقةٍ أقل من قبل الكرة الأيونية ionosphere .
وتتميز الترددات الأعلى من 1 غيغاهرتز بأنها ذات عرض حزمة bandwidth أكثر اتساعاً مما يمكنها من حمل الكثير من البيانات , كما أن انتشارها في الفضاء أكثر استقراراً من الموجات العاملة على ترددات أقل من 1 غيغاهرتز .

يشغل النطاقين الترددين ل باند L و س باند S- bands حيزاً متوسطاً يقع بين مجال البث التلفزيوني الأرضي VHF/UHF و مجال البث التلفزيوني الفضائي حيث أن هذين النطاقين أعلى تردداً من مجال البث التلفزيوني الأرضي و لكن تردداتهما أدنى من ترددات البث الفضائي التلفزيوني سي باند C و كيو باند Ku-bands

Ku-bands \ C-bands ترددات أعلى (مجال البث التلفزيوني الفضائي
S-bands \ L-bands
S-bands \ L-bands مجال أجهزة الهاتف المحمولة
VHF/UHF
VHF/UHF ترددات أكثر انخفاضاً (مجال البث التلفزيوني الأرضي)

تقوم موجات الميكروييف العاملة وفق النطاقين S-bands و L-bands بالالتفاف على العقبات التي تعيق وصول الإشارة , ولكن الأسلم و الأكثر اعتمادية أن يكون هناك خط نظرٍ line-of-sight خالي من العوائق بين القمر الصناعي و بين الهوائي الذي يلتقط بث ذلك القمر .

إن تقنية التوجيه اللأرضي الفضائية Global Positioning Satellite (GPS) تعتمد على أقمار صناعية تتوضع على مدارات غير ثابتة بالنسبة للكرة الأرضية non-GEO و متوضعة على ارتفاعٍ يقارب 26,500km كيلومتر.
و تعتبر هوائيات القطع المكافئ parabolic الأكثر فاعلية في استقبال موجات النطاق L-band و تستخدم هذه الهوائيات على نطاق واسع في السفن حيث تقدم منظومة الإنمار سات Inmarsat خدمة توجيه السفن في أعالي البحار .
وقبل العام 1990 كانت المراكب البحرية تعتمد في اتصالاتها على موجات HF radio الراديوية باستخدام إشارات مورس Morse code
ولكن طريقة الاتصالات هذه قد استبدلت بشكلٍ كلي بخدمات إنمار سات Inmarsat الفضائية حيث تؤمن إنمار سات خدمة هاتفٍ رقمي مع خدمة بيانات ثنائية الاتجاه two-way data , وتوضع في المراكب البحرية مظلة تدعى بكمة الرادار radome فوق هوائي الاستقبال لحمايته من العوامل الجوية .

□ يعمل النطاق : إس باند S-band غالباً على تردد 2.5 GHz وهو التردد الأدنى مباشرة من ترددات النطاق : سي باند C-band و يعتبر النطاق : س باند نطاقاً مفضلاً و معتمداً عند وكالة الفضاء الأمريكية ناسا (NASA) حيث تستخدم موجات هذا النطاق للتواصل مع المجسات الفضائية space probes التابعة لهذه الوكالة .

ولكن عرض الحزمة bandwidth الذي يؤمنه النطاق : إس باند S-band يقل كثيراً عن عرض الحزمة الذي يؤمنه النطاقين سي باند C-band و كيو باند Ku-bands المستخدمين حالياً في البث الفضائي التلفزيوني , وهذا يعني بأن كمية البيانات التي يمكن تحميلها على موجات الميكروويف العاملة وفق النطاق إس باند تقل عن كمية البيانات التي يمكن تحميلها على موجات النطاقين سي باند و كيو باند .

من أشهر نطاقات الميكروويف استخداماً في عالم الاتصالات
النطاقين سي باند و كيو باند Ku-bands و يتراوح تردد هذين النطاقين بين 3 و 15 غيغاهرتز GHz و يؤمن هذين النطاقين عرض حزمة أوسع من عرض الحزمة الذي نجده في النطاق L و النطاق S-bands

يستخدم النطاق الترددي سي باند C-band في أيامنا هذه في بث قنوات الكيبل cable TV في أمريكا الشمالية , كما يستخدم في البث الفضائي في آسيا , و يستخدم النطاق سي باند في الخدمات الهاتفية في الصين و روسيا و البرازيل و المكسيك .
أما النطاق الترددي إكس باند X-band فإنه يستخدم للأغراض العسكرية و الاستخباراتية حيث يؤمن هذا النطاق اتصالاتٍ مستقرة و مشفرة في كافة الظروف الجوية و البيئية .
وقد استخدم النطاق الترددي كيو باند Ku-band كصلة وصل بين أوروبا و أمريكا الجنوبية ثم تم اعتماده بعد ذلك في البث التلفزيوني الفضائي كما يعتمد هذا النطاق اليوم في بث قمري النايلسات و العربسات و القمر التركي و قمر آموس و أقمار اليوتلسات و غيرها , كما يعتمد هذا النطاق في تقنيتي DTH و VSAT الخاصة بمحطات الأنترنت الفضائي المنزلية المحمولة في الدول النامية .
يتميز النطاق الترددي سي باند C-band الذي كان مستخدماً في بث العربسات بمستوى ضجيج noise منخفض كما يتميز بدرجة تخميدٍ attenuation منخفضة حتى عندما يتعرض لأمطار شديدة الغزارة .
يمكن تقليل الضجيج في الاتصات الفضائية بزيادة استطاعة الإشارة المرسلة من المصدر , كما يمكن مضائلة الضجيج بزيادة قطر طبق الاستقبال الفضائي كذلك .
و تحت ظروف خط النظر line-of-sight يمكن للنطاق الترددي سي باند أن يؤمن نقلاً جيداً للبيانات حتى عند توفر مستوى إشارة منخفض نسبياً بالقياس إلى أنظمة البث الأخرى ولكن إشارة هذا النطاق يمكن أن تتداخل مع إشارة المحطات الأرضية التي تستخدم ترددات سي باند C مشابهة عير أن منع حدوث التشويش على موجات الميكروويف أمرٌ يسير جداً , حيث يتوجب علينا دائماً أن نتذكر بأن موجات الميكروويف تتحرك في خطوطٍ مستقيمة , كما أنها تعجز غالباً عن النفاذ عبر العقبات أو الالتفاف عليها , وهكذا فإن عزل تجهيزات الميكروويف هو أمر بسيط , أي أننا عندما نضع عائقاً أمام موجات الميكروويف فإنها تعجز عن اختراقه و نكون بذلك قد حققنا عزلاً معقولاً.
و لكن علينا أن نضع في حسباننا كذلك بأن موجات الميكروويف عندما تصطدم بعائقٍ ما فإنها تتكسر و يحدث ما يدعى بالانعراج الكهرومغناطيسي electromagnetic diffraction تماماً كما ينعكس الضوء من على الأسطح الصقيلة باعتبار أن الضوء المرئي ما هو إلا طاقة كهرومغناطيسية .

وعندما تتكسر موجات الميكروويف على ذلك العائق فإنها تنعرج على جنبات ذلك العائق و يحدث التداخل و التشويش على أطرافه وهذه الظاهرة يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار عند تصميم و تنفيذ هوائيات الاستقبال الفضائية و سواها من التجهيزات
.
وإذا سمح لإشارة الأقمار الصناعية أن تزداد بشكل غير مدروس فإنها ستشوش على محطات الاتصال الأرضية , بالرغم من أن هوائيات محطات الاتصال الأرضية تكون موجهة بشكلٍ أفقي نحو محطاتٍ أرضيةٍ أخرى و لكن هذا التوجه الأفقي يمكن أن يعترض إشارة موجة ميكروويف آتية من قمرٍ صناعي ومن الممكن لهذه الإشارة إذا كانت شديدة القوة أن تشوش على عمل المحطات الأرضية التي تؤمن خدمات الهواتف المحمولة .

ولهذا السبب فإن بروتوكولات الاتصال الدولية تضع حدوداً لقوة إشارة موجات الميكروويف الساقطة من قمر صناعي وذلك باعتبار استطاعة إشارة الميكروويف الآتية من قمر صناعي و الساقطة على كل متر مربع من الأرض , لذلك يتوجب على إشارة القمر الصناعي ألا تتجاوز حداً معيناً لكل متر مربع من الأرض و بالمقابل يتوجب على المحطات الأرضية التي تخدم الهواتف المحمولة ألا توجه صحون الاستقبال و الهوائيات الخاصة بها باتجاه أي قمرٍ صناعي .

أما الأقمار الصناعية العسكرية و أقمار التجسس فإنها تعمل في الولايات المتحدة و دول أخرى على النطاق الترددي المخصص إكس باند X-band و لكن بعضٌ من أقمار التجسس تعمل على النطاق : كا باند Ka-band .
و في الأقمار الصناعية التي تعمل وفق النطاق : إكس باند X-band يتراوح تردد الوصلة الصاعدة uplink في تلك الأقمار بين 7.90 و 8.40 GHz جيغا هرتز , أما تردد الوصلة الهابطة downlink في هذا النوع من الأقمار فيتراوح بين 7.25 و 7.75 GHz جيغا هرتز .
وهذا يعني بأن التعامل مع إشارة هذه الأقمار يتطلب وجود إبر التقاط و ريسيفرات تعمل على ترددات أعلى بمرتين من الترددات التي تعمل عليها أجهزة الاستقبال المنزلية العاملة وفق النطاقين سي باند و كيو باند , غير أنه في الأونة الأخيرة بدأت تنتشر ولو على نطاق ضيق أجهزة استقبال تلفزيوني فضائي و أجهزة أنترنت فضائي منزلية تعمل و فق النطاق كا باند .
إن النطاق الترددي إكس باند X-band شائع الاستخدام في المجالات العسكرية البعيدة المدى long-haul بشكل مشابه لشيوع استخدام النطاق الترددي سي باند C-band في الأغراض التجارية .

□
□ إن قدرة جهاز استقبالٍ ما على التقاط بث نطاقٍ ترددي ما هي مسألة عتادٍ بالدرجة الأولى و مسألة برمجيات بالدرجة الثانية فهناك أجهزة استقبال منزلية لا يمكن لها أن تستقبل إلا النطاق الترددي كيو باند و هذه الأجهزة غير قادرة على التقاط النطاق

الترددي سي باند , و هناك أجهزة استقبالٍ منزلية تمتلك مدخلين محلزنين من جهتها الخلفية : مدخل للنطاق الترددي سي , و مدخل للنطاق الترددي كيو , غير أن التقاط النطاق سي باند لايمكن أن يتم إلا بوجود إبرة مخصصة لالتقاط النطاقالترددي سي باند , بالإضافة إلى توفر هوائي استقبالٍ كبيرٍ نسبياً و كذلك الأمر بالنسبة للنطاق الترددي كيو باند , ثم في الدرجة الثانية تأتي الحاجة لوجود برمجيات معدة لاستقبال ذلك البث .

وكذلك الأمر بالنسبة لنظام البث DVB-S2 حيث لا يمكن لأجهزة الاستقبال التي تعمل و فق النظام الرقمي القديم DVB-S أن تستقبل هذا النوع من أنواع البث .
يمكننا النطاق الترددي كيو باند Ka-band من ارسال و استقبال بقع إشعاعٍ ضيقة , و تزيد ترددات النطاق الترددي كيو باند عن 10 GHzغيغا هرتز.

وتكمن إحدى أهم ميزات النطاق الترددي كيو باند في أن محطات الاتصال الأرضية لا تعمل على هذا النطاق و بالتالي لاتوجد ترددات مشتركة بين الأقمار الصناعية العاملة بالنطاق الترددي كيو باند و بين المحطات الأرضية و لا يوجد تشويشٌ أو تداخلٌ بينها .

إن النطاق الترددي كيو باند , يتفوق على النطاق الترددي سي باند في النقاط التالية :
□
□ يمكن التقاط بث النطاق كيو باند باستخدام أطباق استقبال أقل قطراً من الأطباق اللازمة لاستقبال بث النطاق سي باند .
□
□ تجهيزات استقبال النطاق الترددي كيو باند أقل ثمناً من تجهيزات استقبال بث النطاق الترددي سي باند .
□
□ النطاق سي باند أكثر عرضة للتداخل مع بث محطات الاتصال الأرضية من النطاق كيو باند , لأن المحطات الأرضية لا تعمل غالباً على النطاق كيو باند.

ولكن النطاق الترددي كيو باند Ku-band كما ذكرت سابقاً هو أكثر عرضةً لتخميد الأمطار rain attentuation الغزيرة لذلك فإن النطاق كيوباند يعتبر أقل اعتمادية من النطاق سي باند C- band في المناطق المعرضة بشكلٍ دائم للأمطار الغزيرة و العواصف الرعدية thunderstorms

□ يقاس التخميد بالديسيبل decibel dB

إن تطوير الاتصالات الفضائية يستدعي بشكلٍ دائمٍ البحث عن موجات ميليمترية Millimeter Wave ذات عرض حزمة أكثر اتساعاً greater bandwidth مما يمكنها من حمل كمٍ أكبر من البيانات و موجاتٍ أقصر طولاً بحيث يمكن استقبال بثها بهوائياتٍ أصغر ,و لذلك فإن مستقبل الاتصالات الفضائية قد يشهد استخداماً تجارياً واسعاً للنطاق الترددي كا باند Ka-band ذو المجال الترددي 30/ 20GHz جيغاهرتز أو النطاق كيو باند Q و في باند V-band ذات المجال الترددي الأعلى من أربعين جيغا هرتز .
وهذه المجالات تتميز بعرض حزمةٍ متسع wide bandwidths حتى في ظروف الأمطار الغزيرة .

إن التجارب التي أجريت في اليابان قد بينت بأن النطاق الترددي كا باند Ka-band frequencies يتميز بعرض حزمة أكثر اتساعاً من عرض الحزمة الذي توفره نطاقاتٌ ترددية شائعة كالنطاق الترددي كيو باند Ku-bands و النطاق سي باند و إكس باند , وقد أطلقت اليابان القمر الصناعي سي س1 و الذي يعرف كذلك باسم ساكورا Sakura أي زهرة الكرز , و هذا القمر الصناعي يعمل على النطاق الترددي كا باند .
وفي العام 2004 كان هنالك عدة أقمارٍ صناعية تجارية تعمل وفق النطاق الترددي (كا باند) مثل القمر الصناعي إيكوستار كا EchoStar Ka و كا ستار KaStar
وفي الغرب أطلقت أقمار عسكرية تعمل بالنطاق الترددي كا باند Ka-band و النطاق الترددي إكس باند X-band
■ يقاس عرض الحزمة bandwidth بعدد البتات التي تمر في الثانية الواحدة bits per second (bps) , و قد تكون سعة الوصلة الواحدة في القمر الصناعي 28 Mbps
28
28 ميغابايت وهي تكفي لحمل عشر قنوات تلفزيونية رقمية تقريباً .
و القمر الصناعي الذي يحوي ستة عشر مرسلاً transponders يستطيع أن يبث نحو160 قناة تلفزيونية رقمية .

10 ×16=160
10 ×16=160
□ الإبرة LNB هي مضخم الإشارة الذي يوضع في مركز هوائي الاستقبال حيث يقوم بتلقي الإشارة التي قام هوائي الاستقبال بتجميعها و يرسلها إلى جهاز الاستقبال لتتم معالجتها .

يتم نقل البيانات على شبكة الانترنت سواءً أكانت شبكةً أرضية أو لاسلكية أو فضائية و فق تقنية تجزئة الحزم (تقطيع الحزم) packetswitching حيث يتم و فقاً لهذه الطريقة تقسيم البيانات إلى حزمٍ متعددة بحيث يوافق حجم تلك الحزم استطاعة الشبكة , كما يوضع لكل حزمةٍ عنوان header يميزها عن بقية الحزم و عند وصول الحزم إلى الهدف تتم إزالة العناوين المؤقتة عنها كما يقوم بروتوكول الاتصال بإعلام المصدر بأن عملية إرسال الحزم قد تمت بنجاح و في حال وجود خللٍ أو نقص في بعض الحزم يطلب بروتوكول الاتصال من المصدر أن يقوم بإعادة إرسال الحزم التالفة أو الناقصة .

وتعامل شبكة الانترنت كل حزمةٍ من حزم البيانات و كأنها رسالة ألكترونية مرسلة من مرسلٍ ما إلى متلقي ما , و تجنباً لإرسال الحزمة المطلوبة إلى جهازٍ آخر تعتمد شبكة الانترنت في معرفة الوجهة الصحيحة على بروتوكول الانترنت Internet Protocol (IP) الذي يميز كل مستخدمٍ عن غيره .

جودة الإشارة هي نسبة الإشارة إلى الضجيج signal-to-noise ratio و تحوي أنظمة البث الرقمية تقنيةً خاصة بتصحيح الخطأ تدعى بتقنية التصحيح المسبق للخطأ forward error correction و يعبر عن هذه الإحداثية بنسبة بين عددين , غالباً 4\3 ويرمز لهذه النسبة بالرمز fec لذلك فإن جودة بث الفيديو الرقمي الفضائي بعد أن تقطع آلاف الكيلومترات تظل مماثلةً لجودة النسخة الأصلية التي تم بثها من المحطة الأرضية .

عند نقل الصوت عبر الأقمار الصناعية يحدث تأخير مقداره ربع ثانية quarter-second delay وهذا التأخير يتسبب في حدوث صدى , وهذا الأمر يحدث بشكلٍ خاص عندما يتم التواصل الصوتي عبر محطات المدارات الثابتة الفضائية GEO satellite التي تتوضع في مدارات عاليةٍ جداً .

ويحدث هذا الصدى بسبب ظاهرة الإنعكاس الكهربائي electrical reflection و يمكن التخلص من هذا الصدى باستخدام مزيل an echo canceler .
ويسمع الصدى بعد نصف ثانية من نطق المتحدث لأولى كلماته و يعتبر مقطع الصوت الفعال
voice-activated switch
voice-activated switchمن أبسط طرق إزالة الصدى و أكثرها فاعليةً حيث يثبت هذا المبدل في نهاية الدارة و بينما يعمل المقطع على آلية قطع الخط عند انتهاء الكلام ليمنع الانعكاسات الكهربائية من الانتقال فإن مزيل الصدى الرقمي digital echo canceler يقوم بكشف الصدى و إزالته بناءً على طبيعة الصدى و طبيعة تردداته حيث تتم إزالة الصدى وفق العامل 40 40 dB ديسيبل.

يقوم مقطع الصوت الفعال voice-activated switch بإزالة الصدى عبر قيامه بإغلاق خط الرجوع عندما يكون المتحدث طرفاً واحداً أي عندما تنعدم الحاجة لوجود مساري صوت مفتوحين , أما تقنية إزالة الصدى echo cancelation فإنها تسمح لطرفين اثنين بالحديث في وقت واحد و لا تقوم بإغلاق أيٍ من مسريي الصوت .

وبالنسبة لنقل البيانات عبر شبكة الانترنت الفضائية فإن جهاز الكومبيوتر يرسل إشارة (ناك) Nak عند تلقيه لكمية بايت Byte واحد خاطئة ويرسل إشارة (أك) ACKعند تلقيه لمقدار بايتٍ واحد صحيح من البيانات .

وعند حدوث تأخير ووقوع أخطاء في إرسال البيانات يقوم الخادم المرسل للبيانات بالتوقف لمدة ثانيتين عن إرسال البيانات .
وكما ذكرت سابقاً فإن الاتصالات الفضائية تحوي تقنية تصحيح الخطأ المسبق forward error correction (FEC) كما تحوي كذلك تقنية تدعى بالتدقيق الدوري للفائض
cyclic redundancy check (CRC)
cyclic redundancy check (CRC) وهذه التقنية تعد كذلك من تقنيات تصحيح الخطأ
وتقوم هذه التقنية على المبدأ التالي : يقوم الطرف المرسل للبيانات بحساب تلك البيانات و يرسل فهرساً لها إلى الطرف المتلقي للبيانات و الذي يقوم بإجراء حساب للبيانات المستلمة و يقوم بمقارنة نتيجة حسبته مع الفهرس المرفق بالبيانات وفي حال وجود تباين في الحسبتين فإن الجهاز يكتشف وجود خطأ في إرسال البيانات ويرسل طلب إعادة إرسال للمخدم المرسل للبيانات .

إن تقنية إرسال البيانات بتقسيمها إلى حزم The packet transmission في الاتصالات الأرضية و الفضائية تتضمن كذلك آليةً إضافيةً لتصحيح الخطأ حيث تخصص الحزمة الأولى من البيانات لبروتوكول الشبكة الفضائية وتدعى هذه الحزمة باسم (ألوها) ALOHA , حيث يؤدي التراكب overlap أو تصادم البيانات collision في الاتصالات الفضائية إلى تلف البيانات , لذلك فإن بوتوكول ألوها The protocol of ALOHA يعتبر بمثابة طلب إعادة إرسالٍ للبيانات في حال لم يتلقى المخدم المرسل للبيانات إشارةً تفيد بأن البيانات قد وصلت إلى وجهتها بشكلٍ صحيح .

وفي أيامنا هذه فإن معظم محطات VSAT تستخدم بروتوكول (ألوها) لتأكيد صحة استلام البيانات كما تستخدم تقنية (ألوها) اليوم في منظومة إنتلسات INTELSAT وفي المنظومة الإندونيسية (بالابا) Palapa

يشار إلى الأقمار الصناعية المتوضعة على المدارات الثابتة GEO بأنها تنقل البيانات على شكل نقطة إلى عدة نقط Point-to-Multipoint حيث تلعب تلك الأقمار الصناعية دور مكررات الإشارة بمعنى أن القمر الصناعي يعيد بث الإشارة ذاتها التي كانت المحطة الأرضية قد أرسلتها له في وقتٍ سابق , فيقوم القمر الصناعي بإعادة بث الحوامل الراديوية RF carriers أي موجات الميكروويف الحاملة للبيانات .

إن قوة شبكات الاتصال الأرضية تساوي قوة أضعف نقطة فيها , كما أن قوة السلسلة هي قوة أضعف حلقة فيها و إذا أخذنا بهذا المبدأ فإن شبكات الانترنت الفضائية هي أكثر اعتمادية من الشبكات الأرضية لأنها لا تحوي ذاك الكم الهائل من نقاط الضعف الموجودة في الشبكات الأرضية .

الاتصال من كومبيوتر إلى كومبيوتر عن طريق القمر الصناعي

يعتمد نجاح الاتصال بين كومبيوترين عبر استخدام الأقمار الصناعية على استخدام بروتوكول اتصال صحيح , فالكومبيوترات التي تتواصل مع بعضها باستخدام الوصلات الأرضية terrestrial links تقوم بإرسال البيانات على شكل كتل blocks أو كلمات words , و يؤمن بروتوكول الاتصال القواعد التي تضمن التفاهم بين الكومبيوترين المتصلين على الشبكة كما يضمن وصول البيانات إلى الكومبيوتر الصحيح أي الكومبيوتر الذي طلب تلك البيانات من بين ملايين الكومبيوترات التي تستخدم الشبكة و كذلك فإن بروتوكول الاتصال يضمن إعادة إرسال البيانات في حال حدوث أي خللٍ في عملية إرسال البيانات أو استلامها , إذ ينشأ حوار بين الأجهزة المتواصلة مع بعضها البعض يؤمن التفاهم على صحة إرسال البيانات ففي حال تلقى الجهاز المستقبل للبيانات كتلةً خاطئة أي كلمة أو بايت Byte خاطئ فإنه يرسل إلى الجهاز المرسل للبيانات أو المخدم إشارة (ناك) NAK تفيد بضرورة إعادة إرسال كتلة البيانات , أم في حال تلقيه لكتلةٍ صحيحة من البيانات فإنه يرسل إشارة (راك) RACK و التي تعني بأنه قد تم تلقي كتلة البيانات بشكلٍ صحيح و أنه يمكن للمخدم أن يرسل كتلة البيانات التالية .
وعادةً ما يتطلب الإرسال الخاطئ في الاتصالات الفضائية أن يتوقف الكومبيوتر المرسل للبيانات عن إرسال البيانات لمدةٍ طويلة نسبياً (نحو ثانيتين) وهذا نادر الحدوث في شبكات الانترنت الأرضية التي تعتمد على موصلات الألياف الضوئية عالية الجودة high-quality fiber optics .
لكن الاتصالات الفضائية تتجنب الوقوع في تأخير الإرسال الناجم عن الخطأ عبر استخدام تقنية تتيح لها توقع الخطأ قبل حدوثه و قبل أن تتلقى إشارة الخطأ من الكومبيوتر المتلقي للبيانات و تعتمد هذه التقنية على استخدام بروتوكول يعرف باسم (بروتوكول المدخل protocol gateway و يدعى هذا البروتوكول كذلك باسم بروتوكول التقليس protocol spoofing .
و باستخدام بروتوكول المنفذ A protocol gateway فإن الانترنت الفضائي يصبح مشابهاً لخدمات الانترنت الأرضية terrestrial مثل الدي إس إل DSL و التي T1 1 .

و تجنباً لأخطاء الإرسال و حالات التأخير و التوقف تعتمد الاتصالات الفضائية كذلك على تقنية التبدئة البطيئة slow start , حيث أن المخدم المرسل للبيانات و الذي يعتمد في عمله على بروتوكولات الاتصال TCP/IP عندما يكتشف حدوث خطأ ما في عملية الإرسال فإنه يخفض سرعة الإتصال إلى الحد الأدنى حتى يتثنى له تصحيح الخطأ تجنباً لإرسال حزم بياناتٍ تالفة .

واليوم فإن معظم الأقمار الصناعية تعتمد على تقنية (بروتوكول المنفذ) و بشكلٍ خاص فإن منظومة (في سات) VSATs تعتمد على هذه التقنية حتى تؤمن خدمةً ذات نوعيةٍ جيدة .
كما يتم تصحيح الأخطاء في الاتصالات الفضائية كذلك باستخدام تقنية التصحيح المسبق للخطأ forward error correction (FEC) وهي التقنية التي نجدها في أجهزة الاستقبال الفضائية المنزلية .

و تستخدم تقنية التدقيق الدوري للفائض the cyclic redundancy check (CRC) كذلك
لتلك الغاية , و في هذه التقنية يقوم الطرف المرسل للبيانات بإجراء عمليةٍ حسابية على البيانات المرسلة ينتج عنها رمز CRC معين يتم إرساله مع البيانات , ثم يقوم الكومبيوتر المتلقي للبيانات المرسلة بإجراء عمليةٍ حسابية للبيانات المتلقاة فإذا كانت النتيجة مطابقة للنتيجة التي أرسلها الكومبيوتر المرسل للبيانات فإن عملية الإرسال تكون صحيحة و في حال لم تتطابق نتيجة الكومبيوتر المتلقي مع النتيجة التي أرسلها الكومبيوتر المرسل فهذا يعني بأن هنالك خطأ في عملية الإرسال , و تشبه هذه العملية قيام متجرٍ للجملة بإرسال بضائع معينة بكميات و نوعياتٍ معينة إلى متجر تجزئة مع فواتير تبين كمية و نوعية تلك البضائع و عندما تصل تلك البضائع إلى متجر التجزئة فإن تاجر التجزئة يقوم بمقارنة البضائع التي أرسلت إليه مع الفواتير من حيث الكميات و النوعيات فإذا كان هنالك تطابقٌ بين البضائع و الفواتير قبل استلام البضائع و في حال لم يكن هنالك تطابق فإنه سيرفض استلام البضائع .
ووفقاً للمبدأ ذاته تعمل بروتوكولات الحزمة packet protocol مثل بروتوكول (ألوها) ALOHA المخصص للوصلات الفضائية والذي يضمن صحة إرسال البيانات .

إن عدم حدوث تأخير أو توقف في إرسال البيانات عبر الأقمار الصناعية يقي من حدوث التراكب overlap و التداخل بين حزم البيانات المختلفة و هي الحالة التي تدعى كذلك باصطدام البيانات collision مع بعضها البعض مما يؤدي إلى تلف البيانات نتيجة تداخلها مع بعضها البعض تماماً كما يحدث عندما تتوقف سيارةٌ بشكلٍ مفاجئ على طريق سريع حيث ستصطدم بها السيارات

اللاحقة .
إن معظم محطات الأنترنت الفضائي المنزلية التي تتبع منظومة في سات VSAT تعتمد في عملها على بروتوكول (ألوها) السابق الذكر .

البث من نقطة إلى عدة نقاط Point-to-Multipoint

تتألف منظومة البث من نقطة إلى عدة نقاط من محطة مرسلة أرضية وحيدة و عدة محطات أرضية مستقبلة فقط receive-only (RO) غير مرسلة , و في هذا النوع من أنواع البث الفضائي تقوم المحطات الفضائية المرددة للإشارة التي تتوضع في مدارات ثابتة حول الكرة الأرضية GEO satellite repeater بإعادة إرسال الموجات الراديوية RF carriers الحاملة للبيانات , وهذا النمط من البث الفضائي هو النمط السائد في البث الفضائي التلفزيوني حيث يمثل كل مستقبلٍ فضائي محطةً أرضيةً مستقبلة فقط RO .

لقد بدأ البث التلفزيوني الأرضي بشكله البدائي التناظري analog signal حيث كان البث يتم على ترددات VHF ,UHF وبعد ذلك أصبح البث التلفزيوني يتم وفق النظام الرقمي digital مما أتاح بث فيديو بنوعيةٍ عالية التمايز high-definition (HD)

Backhaul satellite ناقل الفيديو الفائق
يستخدم هذا النوع من المحطات الفضائية في نقل المباريات الرياضية و الكوارث و الأحداث فور وقوعها من موقع الحدث إلى الأستوديو حيث يتم التعليق عليها هناك و إعادة بثها و يمكن للمستخدم العادي التقاط هذا النوع من البث مالم يكن ذلك البث مشفراً .
وعند استخدام شاحنات البث الفضائي لنقل الأحداث الرياضية فغالباً ما تعمل منظومة البث وفق النطاق الترددي كيو باند Ku-band 14/12 GHz , الذي يمتاز بصغر حجم معداته و انخفاض تكلفتها مقارنةً بالتجهيزات اللازمة للبث على النطاق الترددي سي باندC-band
وهنالك محطات بث فضائي محمولة يمكن حملها يدوياً تستعمل في إرسال البيانات إلى الأقمار الصناعية و تعرف هذه المحطات المحمولة باسم (محطات الوصلات الأرضية الصاعدة المنقولة التي تعمل على النطاق كيو باندfly-away Ku-band uplink Earth station .

□ البث الفضائي المباشر إلى المنازل DTH
Direct-to-Home Television
Direct-to-Home Television
بدأ البث التلفزيوني الفضائي المباشر إلى المنازل في العام 1980 و كان هذا البث يتم على النطاق الترددي سي باند C-band وهذا البث التلفزيوني ينقل بشكلٍ مباشر real-time دون تأخير , و الفيديو في البث الفضائي إما أن يكون متوافقاً مع النمط القياسي MPEG-2أو النمط القياسي MPEG-4 , أما الأنترنت الفضائي و البيانات فإنها تنقل على شكل (رزم متوافقة مع بروتوكول الأنترنت) IP packets و كما هي حال البث التلفزيوني الفضائي فإن مستخدم الأنترنت الفضائي يستطيع التعامل مع خدمة الأنترنت و ملفاتها بشكل تفاعلي مباشر و بزمنٍ حقيقي real time دون تأخير يذكر كما هي حال الأنترنت المعتمدة على الشبكات الأرضية و الأنترنت اللاسلكية .
□ التعبير المعاكس لتعبير (الزمن الحقيقي (real time هو التعبير stored content أي محتويات مخزنة لا يتم بثها بشكلٍ مباشر .
□ الخدمات الفضائية الجوالة MSS
Mobile Satellite Service MSS
Mobile Satellite Service MSS
تخصصت شركات متعددة في تقديم الخدمات الفضائية الجوالة مثل شركة إريديوم Iridium,
و غلوبال ستار Globalstar و إنمار سات Inmarsat و في منطقة الشرق الأوسط تقدم شركة (الثريا (Thuraya تلك الخدمة .
و تعتمد تلك الشركات في تقديم خدماتها على أقمار صناعية متوضعة على مداراتٍ قريبة من سطح الأرض low-Earth orbit (LEO) , كما تعتمد كذلك على الأقمار الصناعية المتوضعة في مداراتٍ ثابتة GEO
و تمتلك إنمار سات Inmarsat أربعة أقمار صناعية متوضعة على مداراتٍ ثابتة GEO satellites و تحمل الأقمار الصناعية التابعة للأنمار سات هوائياتٍ ضخمة ترسل نحو الأرض حزماً موجية ذات بقعة أشعة صغيرة مما يؤمن أداءاً ممتازاً يؤمن خدمة أنترنت متجاوزة للأقاليم يمكن التعامل معها باستخدام أجهزة أنترنت فضائي بحجم جهاز الكومبيوتر المحمول .
و تمتلك شركة الثريا Thuraya أقمار صناعية تدور في مداراتٍ ثابتة GEO satellites فتؤمن بالإضافة إلى خدمة الأنترنت المتجاوزة للكيانات السياسية خدمة اتصالات صوتية .
بينما تمتلك شركتي " إريديوم " Iridium و " غلوبال ستار " Globalstar أقماراً صناعية تدور في مدارات منخفضة و هذه

الأقمار تحتاج إلى ساعتين حتى تتم دورتها حول الأرض و لذلك فإن هنالك حاجةً لوجود عدة أقمار صناعية حتى تؤمن تغطية دائمة لكل منطقة من مناطق الخدمة وهذه الأقمار الصناعية مرتبطة مع بعضها البعض بوصلاتٍ فضائية بينية intersatellite links تدعى هذه الوصلات بمصطلح Cross link أي " الوصلات المتقاطعة " .

الوصلاتٍ الفضائية البينية intersatellite links: هي الوصلات التي تؤمن الاتصال و التنسيق بين القمر الصناعي و الأقمار الصناعية الأخرى.

وفي حال الخدمات الفضائية الجوالة يتوجب على المستخدم أن يضمن عدم وجود عوائق بين جهاز الالتقاط و بين القمر الصناعي المقدم للخدمة و هذا ينطبق بشكل خاص على الشركات التي تعتمد في تقديم خدماتها على أقمار تدور في مدارات منخفضة LEO أي مداراتٍ غير ثابتة , حيث يتوجب على المستخدم تشغيل تجهيزاته في الهواء الطلق , على أسطح المنازل أو خارج المدن و إلا فإنه سيفقد التواصل مع القمر الصناعي في حال انقطعت الإشارة بينه و بين القمر الصناعي لعدة ثواني بسبب وجود عائقٍ ما بينه و بين ذلك القمر الصناعي .

و بسبب و جود الوصلات الفضائية البينية (intersatellite links (Cross link بين الأقمار الصناعية التابعة لمنظومةٍ واحدة تنعدم الحاجة إلى تعدد المحطات الأرضية حيث تمكننا تلك الوصلات البينية من الاكتفاء بوجود محطةٍ أرضية واحدة , وذلك لأن تلك الأقمار الصناعية ستتمكن من التواصل مع بعضها البعض باستخدام تلك الوصلات البينية و ليس عبر المحطة الأرضية و هذا ما نجده في منظومة إنمارسات .

بينما لا تمتلك الأقمار الصناعية التابعة لمنظومة " غلوبال ستار " Globalstar وصلات فضائية بينية فيما بينها intersatellite links لذلك فإنها تمتلك محطةً أرضيةً في كل كيان سياسي صغير تقوم بتخديمه , كما تمتلك عدة محطات أرضية في كل كيان سياسي كبير كالولايات المتحدة مثلاً .

وغالباً ما يتطلب التواصل مع الأقمار الصناعية العاملة في مدارات ثابتة GEO هوائياتٍ أرضية محدودة الحركة , بينما يتطلب التواصل مع الأقمار الصناعية المتوضعة في مدارات قريبة من سطح الأرض LEO و غير ثابتة هوائياتٍ أرضية كاملة الحركة حتى تتمكن من تعقب تلك الأقمار الصناعية بشكلٍ دائم , كما يتطلب وجود هوائيات احتياطية جاهزة بشكلٍ دائم لتعقب الأقمار الصناعية و التواصل معها في الحالات الطارئة .
و تؤمن الخدمات الفضائية المنقولة بالإضافة إلى خدمة الاتصالات و الانترنت خدمات تحديد الموقع مثل خدمتي GPS و GLONASS
□ يمتلك كل هوائي فضائيٍ تقريباً ما يدعى بالفص الخلفي backlobe و يقع في الجهة المعاكسة للحزمة الرئيسية main beam .

و يقسم الخبراء المناطق المحيطة بهوائيات التجهيزات الفضائية إلى قسمين هما :
□ منطقة الحقل الأدنى : near-field region : وهي المنطقة المحيطة بالهوائي , وفي هذه المنطقة لا تكون طاقة الميكروويف قد تجمعت و انتظمت على شكل إشعاع .

□ منطقة الحقل الأقصى far-field region و هذه المنطقة أكثر بعداً من منطقة الحقل الأدنى عن الهوائي , وفي هذه المنطقة تنتظم طاقة الميكروويف على شكل إشعاع متناسبٍ مع شكل الهوائي .

.
.
□ العواكس متسقة الاتجاهات Isotropic Radiator
يمكن تشبيه العاكس المتسق الاتجاهات بمصباح يشع إلى جميع الجهات على شكلٍ دائري بشكل متناسق و متماثل أي أننا نحصل على شدة الإضاءة ذاتها من جميع النقاط المحيطة بذلك المصباح .

ولكن الهوائيات المتسقة الاتجاهات isotropic antenna بالرغم من مثاليتها الافتراضية لا تصلح للإتصالات الفضائية و ذلك بسبب كسبها المنخفض low gain أي قدرتها المنخفضة على تجميع الإشارة و بسبب عدم قدرتها على تمييز الاتجاهات أي عدم قدرتها على التركيز على التقاط الإشارة من مصدرٍ معين دون غيره .
إن هوائيات التجهيزات الفضائية سواءً منها المرسلة أو المستقبلة للإشارة تتميز بمقدرتها على التوجه الدقيق نحو مصدرٍ معين لتجميع إشارته و التقاطها كما يتوجب فيها أن ترسل بياناتها وفق إحداثياتٍ دقيقة و ألا تبعثر إشارتها و تضيعها بشكلٍ عشوائي وهذا ما ندعوه بالمقدرة التوجهية directivity

كما يتوجب في هوائيات التجهيزات الفضائية أن تتميز كذلك بالتبادلية reciprocity أي أن يكون كلٌ من كسبها gain و توجهيتها directivity متماثلين في التردد الواحد و ألا يكون هناك اختلافٌ بينهما سواءً في الإرسال أو الاستقبال , أي أن يكون الهوائي ذاته قادراً على استقبال البيانات التي يقوم بإرسالها دون أن يضيع شيئاً من تلك البيانات .

□

□ يطلق مصطلح " المرسل المستجيب " transmitter-responder على التردد الواحد العامل و قد كان هذا المصطلح يطلق على إشارة التعريف التي ترسلها الطائرات للتعريف عن نفسها و في عالم الاتصالات الفضائية يطلق مصطلح المرسل المستجيب على التردد الحامل للبيانات في حالة البث التلفزيوني الفضائي يحمل كل تردد عدداً من القنوات الفضائية .

بعد مرور الإشارة على محول الإشارة الهابطة downconverter فإنها تمر عبر مرشحات ترددات راديوية RF filters تدعى بالمدخلات متعددة الإرسال input multiplexer (IMUX) حيث تقوم هذه المرشحات بفصل القنوات العاملة على التردد الواحد عن بعضها البعض .

, و ضمن التردد الواحد هناك ما يدعى بالنطاق الحارس guardband الذي يفصل بين قناةٍ و أخرى ضمن التردد الواحد ..

و تساوي استطاعة الإشارة التي تم استقبالها استطاعة الإشارة المرسلة + كل ما تم اكتسابه من إشارات أثناء استقبال تلك لإشارة ناقص كل ضياعات الإشارة .
و تقاس استطاعة جهاز الإرسال بوحدة الديسيبل decibel بالنسبة إلى وات واحد 1W
(dBW)
(dBW) حيث أن كل واحد وات 1W يساوي صفر ديسبل \ وات dBW 0
و كل 2 وات 2W تساوي 3 ديسيبل وات dBW 3 , وكل 10 وات 10W تعادل عشرة ديسيبل وات dBW 10 وكل مئة وات 100W تعادل عشرين ديسيبل وات dBW 20 وهكذا .
و يمكن استخدام برنامج مثل ميكروسوفت إكسيل Microsoft Excel الموجود في حزمة الأوفيس للتعامل مع مثل هذا النوع من المعادلات و هناك برامج متخصصة ذات واجهة استخدام بسيطة مختصة بالتعامل مع حسابات التجهيزات الفضائية مثل برنامج سات ماستر SatMaster المتوفر في الأسواق .
تستخدم الأقمار الصناعية تقنية 64 -kbps وهذه التقنية تقنيةٌ متزامنة synchronous نوعاً ما مع خدمات الأنترنت وذلك لأن المعدل الرقمي the digital rates الأعلى من 64 -kbps لا تمثل أعداداً صحيحة integer , فخدمة الأنترنت المعروفة في أمريكا الشمالية باسم T1 هي ذات معدل تدفق قدره 1.544 Mbps ميغابايت وهي بذلك ذات معدل يزيد عن المعدل الصحيح 1.532 Mbps ميغابايت و الذي يشكل إحدى مضاعفات الرقم 64
24 ×64= 1.532
24 ×64= 1.532
و هذا يعني بأننا في خدمة الأنترنت T1 لدينا ثمانية بتات bits زائدة و هذه البتات يتم حشرها لتمكين التزامن synchronization الصحيح بين خدمة الأنترنت T1 و بين هندسة الأربعة و الستين بت الخاصة بالقمر الصناعي .
و لكن ابتكار الساعة الذرية atomic clocks العاملة بعنصر الروبيديوم rubidium ساعد بشكلٍ كبير على مزامنة synchronize الشبكات المحلية و الشبكات العالمية بشكلٍ دقيق و كذلك فإن استخدام خطوط الليف الضوئي fiber optic أمن حدوث تزامنٍ دقيق .
و علينا أن نعلم بأن التزامن الدقيق في أنظمة البث الرقمية يقلل من عرض الحزم الضائعة bandwidth كما أنه يزيد من معدل البت bit rates .
وقد أنشئت في أمريكا الشمالية شبكة متزامنة ضوئية the synchronous optical network
و قد دعيت هذه الشبكة اختصاراً باسم (سونيت) SONET أما في القارة الأوروبية فإن الشبكة المتزامنة الضوئية تدعى باسم SDH , غير أنه لايوجد اختلافٌ تقني بين الشبكتين , حيث أن معدل شبكة سونيت الأساسي يبلغ 51.84 Mbps ميغابايت بينما يبلغ معدل شبكة SDH 155.52 ميغابايت و هو ما يعادل ثلاثة أضعاف معدل شبكة سونيت الأمريكية .
155.52 = 3 × 51.84
155.52 = 3 × 51.84
أي أن التزامن متوفر بين هاتين الشبكتين .
و تمثل شبكة سونيت SONET العمود الفقري لخدمة الأنترنت في الولايات المتحدة .

تحويل الإشارة التماثلية إلى إشارة رقمية
Analog-to-Digital Conversion
Analog-to-Digital Conversion
تمتلك أجهزة الكومبيوتر العادية المقدرة على تحويل الإشارة التماثلية إلى إشارةٍ رقمية و تحويل الإشارة الرقمية إلى إشارةٍ تماثلية , كما أن كروت الصوت sound cards و كودات الفيديو video codecs تستخدم كذلك لهذه الغاية .

و الخطوة الأولى في تحويل الإشارة التماثلية إلى إشارة رقمية A/D في حالة الصوت مثلاً تتمثل في أخذ عيناتٍ من إشارة الصوت التماثلية ومن ثم يصار إلى تجزئة هذه العينات كما يتم ترقيم هذه العينات بكوداتٍ معينة .
غير أن أخذ عينات الصوت على شكل خطوات steps يتسبب في حدوث ضياعاتٍ و تدني في جودة الصوت .
وإذا مثلنا الصوت التماثلي (الحقيقي) بخطٍ بيانيٍ منحني فإن الإشارة الرقمية التي تمثل هذا الصوت ستكون على شكل خطٍ ذو زوايا حادة مدرجة مثل سلالم المنازل .

و كلما ازداد عدد البتات bits في الكود , ازدادت الخطوات steps و قصرت المسافة فيما بينها و تحسنت جودة الإشارة resolution و قلت نسبة الخطأ فيها و اقترب زوايا الخط البياني الحادة من شكل الخط ذو الإنحناء السلس .
ومثال ذلك في عالم الطباعة حيث أن جودة الطباعة تزداد كلما ازداد عدد النقاط الملونة في الصورة و كذلك هي الحال بالنسبة إلى شاشات العرض المختلفة حيث تزداد جودة صورتها كلما ازداد عدد النقاط المضيئة في الصورة .

و يطلق اصطلاح (معدل التقاط النماذج) Sampling rate على عدد المرات التي يجري فيها أخذ العينات و تحويلها إلى رموز في الثانية الواحدة .

وعلى سبيل المثال نجد أن معدل التقاط العينات sampling rate في خدمة الاتصالات الهاتفية الصوتية الاعتيادية يبلغ kHz8 كيلوهرتز أي ما يعادل 8,000 هرتز أو عينة في الثانية .
وثمة عاملٌ آخر مهم في تصميم شبكات الاتصال الفضائية و يتمثل هذا العامل في عدد المرات التي ستمرر فيها البيانات التماثلية analog إلى محولات تناظرية \رقمية A/D أو محولاتٍ رقمية \تناظرية D/A , أي عدد المرات التي ستخضع فيها البيانات التماثلية للتحويل في الشبكة , حيث أن البيانات ستتعرض لمزيدٍ من التشويه distortion في كل مرةٍ تمرر فيها هذه البيانات إلى محول من هذا النوع .

ضغط البيانات
هناك شكلين من أشكال الضغط :

•

• الشكل الأول هو الضغط الذي لايحدث فيه فقد للبيانات lossless و يتميز هذا الشكل من أشكال الضغط بأنه (عمليةٌ قابلةٌ للعكس) reversible process , بمعنى أن البيانات التي نحصل عليها بعد فك الضغط تماثل تماماً البيانات الأصلية التي كانت موجودة قبل إجراء عملية الضغط عليها , حيث يتوجب في هذا الشكل من أشكال الضغط حذف البيانات غير المهمة و الإبقاء على البيانات الأصلية دون تغيير , و يتميز هذا الشكل من أشكال الضغط بأن ناتج عملية الضغط فيه مماثلٌ تماماً لمدخلات هذه العملية أي أن البيانات خلال هذه العملية لن تتعرض لأي شكلٍ من أشكال التشويه .

الضغط المسبب للضياعات lossy compression
نواتج هذا الشكل من أشكال الضغط تكون مختلفةً عن مدخلاته كما أنه عمليةً غير قابلة للعكس حيث لايمكن استرجاع البيانات إلى حالتها الأولى التي كانت عليها قبل تنفيذ عملية الضغط عليها .
وفي الحقيقة فإن معظم أشكال الاتصالات تعتمد على تقنيات الضغط المحدث لضياع البيانات , و مثال ذلك الاتصالات الصوتية و الصور الشائعة على الانترنت وهي الصور من النوع (جي بي جي JPEG image وهذه الصور تتميز باللاحقة .JPG .كما ينطبق ذلك على الفيديو من النوع MPEG و غيره من أنواع الفيديو كذلك .
وعلى الأغلب فإن ضغط الفيديو بمعدل 384 kbps يعطي نتيجةً مقبولةً نوعاً ما , أما ضغط البث التلفزيوني الرقمي فهو بمعدل 1.5 Mbps (واحد و نصف ميغابايت .

معدل خطأ البت bit error rate -BER
تعتمد معظم أشكال الأنترنت الفضائي في عملها على بروتوكولات الأنترنت TCP/IP protocol حيث يضمن بروتوكول TCP إعادة إرسال الرزم التالفة مما قد يتسبب في حدوث تأخيرٍ .
إن استخدام بروتوكول المنفذ protocol gateway يمكن أن يقلل من زمن التأخير و لكن استخدام رمز معدل تصحيح مسبق FEC قوي يقلل من الحاجة لاستخدام بروتوكول الانترنت TCP لتفعيل إعادة إرسال البيانات التالفة .

لنفترض بأن لدينا خدمةً فضائية تعمل بعرض حزمة قدره 10 Mbps ميغابايت و معدل خطأ بت BER قدره 10−6 فإن هذا يعني بأنه ستكون هنالك عشرة أخطاء في الثانية وهذا يعني الحاجة لأن يستخدم بروتوكول الانترنت TCP ميزة تصحيح الخطأ مرةً كل عشر ثواني .

ولكن المشكلة هنا تكمن في أن بروتوكول الانترنت TCP سيتسبب في حدوث تأخير و بطئ في خدمة الانترنت , ومن هنا تنبع الحاجة لاستخدام تقنية معدل التصحيح المسبق للخطأ FEC

الخلط Scrambling
الخلط هو أحد أشكال تشفير البيانات المرسلة عبر الأقمار الصناعية و تتم عملية الخلط عبر خلط البيانات وفق شيفرة معينة تجعل من الاستفادة من هذه البيانات أمراً متعذراً لمن لا يمتلك شيفرة الخلط تلك , و قد يتم الخلط بإقحام إشارة متداخلة interfering أو إشارة مزاحمة jamming ضمن النطاق الأساسي baseband الحامل للبيانات .

التشفير الرقمي Digital Encryption
التشفير بالتعريف هو استخدام الشيفرات ciphers و التي هي عبارة عن أكواد أو كلمات سر تستخدم للحصول على الخدمة .
لقد كانت تقنية تبديل التردد Frequency Shift Keying التي تعرف اختصاراً باسم FSK من أولى التقنيات المستخدمة في التعديل الرقمي ,حيث تسمح هذه التقنية بالتبديل بين ترددين هما F1 بوصفه التردد الأول و F2 وهو التردد الثاني ,وهذين الترددين يوافقان حالتي الواحد و الصفر .
لقد سمحت تقنية FSK باستخدام دارات بسيطة لإتمام عمليتي التعديل modulator و الاستخلاص ,أي تضمين البيانات في موجةٍ حاملة لإرسالها ومن ثم استخلاص البيانات من الموجة الخاملة بعد وصولها إلى هدفها .
لقد استخدمت تقنية FSK في أجهزة المودم الهاتفية telephone modems القديمة التي تتراوح سرعتها بين 600 و 1,200 bps بت في الثانية .
ولكن تقنية تبديل الطور Phase Shift Keying PSK هي التقنية الأكثر انتشاراً في مجال الاتصالات الفضائية حيث أن أجهزة المودم التي تعمل وفق هذه التقنية تتميز بسرعةٍ عالية تتراوح بين 64 kbps كيلوبايت في الثانية و 1,000 Mbps ميغا بايت في الثانية .
وهذه التقنية تتميز بطورين phase هما طور الصفر درجة و طور 180 درجة .

Digital bitsream سيل البيانات الرقمية – شارة مربعة
High frequency carrier wave الموجة الحاملة لسيل البيانات الرقمية و هذه الموجة الحاملة تتميز بأنها عالية التردد و ذات جيوبٍ منحنية غير مربعة.
Low frequency carrier wave موجة حاملة منخفضة التردد.
FSK modulated wave موجة تبديل التردد المعدلة .
دائماً دائماً و دائماً التعديل في عالم الاتصالات يعني تحميل سيل البيانات على موجة حاملة لتقوم بنقل سيل البيانات إلى الهدف.
الآن أصبحنا نعلم كيف تقوم أجهزة الاستقبال الرقمية بفصل سيل البيانات الرقمي عن الموجة الحاملة و كل الملحقات و الموجات الأخرى عن طريق مرشحات خاصة حيث تستطيع أجهزة الاستقبال الرقمية تمييز الشارة الرقمية من خلال أنها شارة مربعة غير منحنية.

إذاً فإن تقنية تبديل التردد تقوم على تحميل سيل البيانات الرقمية على موجتين حاملتين ذواتي ترددين مختلفين .
طبعاً يكون سيل البيانات الرقمية ذو جيوب مربعة ذات زوايا قائمة بينما تتميز الموجات الحاملة بأنها ذات جيوبٍ منحنية.
Frequency Division Multiple Access
اقتسام التردد المتعدد النفاذ . FDMA
تعتبر هذه التقنية من التقنيات الشائعة في عالم الاتصالات الفضائية و تعتمد هذه التقنية على استخدام تردد عزل أو ترددٍ حارس بين الموجات الحاملة carriers و كل ما تتطلبه هذه التقنية يتمثل في أن تقوم المحطة الأرضية بإرسال بياناتها على ترددات ميكروويف مختلفة و مستقلة عن بعضها البعض.

Frequency channel تردد القناة
Guard band نطاقٌ حارس يفصل القنوات المختلفة عن بعضها البعض.

Guard band نطاقٌ حارس يفصل القنوات المختلفة عن بعضها البعض.

التشويش الصاعد Uplink interference
التشويش الصاعد هو عبارة عن إشارة ترسل بطريقةٍ غير مقصودة من محطةٍ إرضيةٍ ما إلى قمرٍ صناعي يقع في نطاق تأثيرها و يعمل على التردد ذاته الذي تعمل عليه هذه المحطة الأرضية .

الظاهرة المعاكسة لظاهرة التداخل الصاعد أو التشويش الصاعد Uplink interference و التي تعني تشويش المحطات الأرضية على إشارة الأقمار الصناعية هي ظاهرة التداحل الهابط أو التشويش الهابط Downlink interference أي تشويش الأقمار الصناعية على المحطات الأرضية.
إن وحدات الحرب الإلكترونية تستفيد في الحروب من ظاهرة التشويش الصاعد لتمارسها بطريقة مقصودة ضد الأقمار الصناعية و ضد طائرات العدو و صواريخه و قنابله الذكية بغاية التشويش على أجهزة توجيهها و راداراتها لمنعها من إصابة أهدافها بدقة و خصوصاً تلك التي تفلت من الدفاعات الجوية و بشكلٍ خاص حول المواقع الشديدة الخطورة كالمفاعلات النووية و السدود و يتم ذلك عن طريق تسليط مجموعة من الموجات الكهرومغناطيسية الشديدة القوة على تلك الأقمار الصناعية أو الطائرات أو الصواريخ.

ألوها ALOHA
كما ذكرت سابقاً فإن بروتوكول (ألوها ALOHA) يستعمل في التحكم في الأنترنت الفضائي , وتعتمد تقنية ألوها في عملها على مايدعى بالإطار الزمني لألوها ALOHA timeframe ووفقاً لهذا الإطار الزمني يتم إرسال رزم البيانات packets بحيث يتناسب توقيت إرسالها مع فجوات ألوها الزمنية slotted ALOHA .
ووفقاً لتقنية ألوها يتم إرسال الرزم packets في مواقيت مختلفة دون أن تتداخل رزم البيانات هذه مع بعضها البعض ودون أن يحدث تصادم collision بين رزم البيانات .
 يشير مصطلح نطاق الوقاية guardband إلى النطاق الذي يستخدم للفصل بين حوامل البيانات المختلفة carriers حتى لا تتداخل مع بعضها البعض .
كما تكون هنالك فجوات زمنية قصيرة جداً إلى درجة لا يمكن ملاحظتها و هذه الفجوات تكون خالية من البث blank periods وهذه الفجوات الزمنية تفصل بين رزم البيانات حتى لايحصل تداخلٌ أو اصطدام بين رزم البيانات وهذه الفجوات الزمنية تعرف باسم الفواصل الزمنية الوقائية The guardtime intervals

التوافق الكهرومغناطيسيElectromagnetic compatibility EMC
تتعلق مسألة التوافق الكهرومغناطيسي بالتشويش و التداخل الذي تتعرض له إشارة الأقمار الصناعية سواءً أكان المصدر قمراً صناعياً آخر أو شبكة ميكروويف أرضية terrestrial microwave network كشبكات الهواتف المحمولة المحلية مثلاً التي تعمل على نطاقٍ مماثلٍ للنطاق الذي يعمل عليه القمر الصناعي , حيث يؤثر التشويش على كلٍ من الوصلات الصاعدة uplink التي ترفع البيانات من المحطات الأرضية إلى القمر الصناعي و الوصلات الهابطة downlink التي تنقل البيانات من القمر الصناعي إلى الأرض .
و يحدث تشويش أو تداخل الوصلات الصاعدة Uplink interference عندما تؤثر الوصلة الصاعدة الموجودة في المحطة الأرضية على قمرٍ صناعي آخر يغطي القطاع الأرضي ذاته و يعمل على التردد نفسه الذي تعمل عليه تلك المحطة الأرضية , و ينتج الإشعاع المسبب للتشويش بتأثير انعكاسات الفص الجانبي sidelobe لبث الهوائي الفضائي أي ما يمكن أن نسميه بهوامش البث الفضائي الغير موجهة والتي تنطلق من جوانب هوائي البث الفضائي .
و الحل الأفضل لمنع التشويش على الأقمار الصناعية من المحطات الأرضية يتمثل في كبت إشارة الفص الجانبي sidelobe التي تعكسها هوائيات الإرسال الفضائية بشكلٍ عشوائي هامشي .

Main lobe الشعاع الرئيسي
Side lobe الشعاع الجانبي
Back lobe الشعاع الخلفي

 إن الأقمار الصناعية التي تتوضع على مداراتٍ ثابتة و متزامنة مع دوران الأرض a satellite in geostationary orbit, و التي تبعد نحو 36000 عن الأرض تتمكن من تغطية منطقة جغرافية بحجم الولايات المتحدة عبر بث شعاع أبعاده 3 درجات × 8 درجات , وهذا النوع من أنواع الأقمار الصناعية يتمكن من تغطية مساحاتٍ جغرافية أكبر من المساحات التي تتمكن الأقمار

الصناعية التي تدور في مداراتٍ قريبةٍ من الأرض LEO من تغطيتها ذلك أنه كلما ازداد بعد القمر الصناعي عن الأرض ازدادت مساحة مداسه أي ازدادت المساحة التي يمكن له تغطيتها , وذلك ببساطة ما يحدث عند صعودنا للأبراج المرتفعة فكلما صعدنا أكثر تمكنا من مشاهدة مناطق أوسع و العكس صحيح .
ويعتمد القمر الصناعي على ألواح شمسية تمده بالتيار الكهربائي المستمر DC الذي يمكنه من البث , كما يحوي القمر الصناعي على بطاريات مدخرة للكهرباء تقوم بإمداده بالتيار الكهربائي في حالات الكسوف eclipse ,وتعمل الأقمار الصناعي على استطاعة KW 2 كيلو وات , و لكن هنالك أقمار صناعية تعمل على استطاعةٍ قدرها KW 15 كيلو وات .
و بالنسبة للأقمار الصناعية المتوضعة في المدارات الثابتة المتزامنة مع دوران الأرض geostationary orbit فإن الكسوف الشمسي eclipse يحدث مرةً في الشهر و يستمر هذا الكسوف لمدة 70 دقيقة , أما بالنسبة للأقمار الصناعية التي تدور في مداراتٍ أكثر قرباً من الأرض مثل MEO و LEO فإن الكسوف يتكرر بشكلٍ أكبر لأن الزاوية بين الأقمار الصناعية و الأرض تزداد كلما قل البعد بين الأقمار الصناعية و بين الأرض , لذلك فإن الأقمار الصناعية القريبة من الأرض تتعرض لعدة حالات كسوف في اليوم الواحد حيث يرتبط تكرار حدوثها بعدد المرات التي يدور فيها القمر الصناعي حول الأرض , وهذا يعني بأن القمر الصناعي دون بطارياتٍ مدخرة للطاقة الشمسية سيتوقف عن العمل على الأقل في فترات الكسوف .
يتمكن الفنيون من تحسس حالة القمر الصناعي عبر أجهزة القياس عن بعد للوصلات الهابطة
telemetry downlink
telemetry downlink كما أن الأقمار الصناعية تطلق إشارات تعقب tracking signals تمكن المحطات الأرضية من تعقب القمر الصناعي و التأكد بشكلٍ دائم بأن القمر الصناعي لم يخرج عن مداره و ترسل إشارة التعقب هذه من خلال أجهزة القياس عن بعد telemetry .

□ يطلق مصطلح موجه الموجة the waveguide على المسار الواصل بين مضخم الاستطاعة power amplifier و بين الهوائي .

تكون موجة الميكروويف على شكل تردداتٍ راديوية RF
وكلما ازداد الفقد في إشارة الترددات الراديوية RF للقمر الصناعي تطلب ذلك المزيد من الطاقة لتعويض الفاقد فعلى سبيل المثال فإن خسارةً في الإشارة تبلغ dB 0.4 ديسيبل تستدعي زيادةً في استهلاك الطاقة قدرها 10% لتعويض الفاقد .

وتعد الأقمار الصناعية العاملة بنظام كيو باند Ku-band أكثر استهلاكاً للطاقة الكهربائية من الأقمار الصناعية التي تعمل وفق النظام سي باند) C-band وهذا يفسر السبب الذي يجعل من خدمات الأقمار الصناعية التي تعمل وفق النطاق كيو باند Ku-band أعلى ثمناً.

يشير مصطلح مازج الإشارات المتعددة في إشارةٍ واحدة multiplexer في عالم الإتصالات الفضائية إلى مرشح موجات الميكروويف microwave filter الذي يفصل قنوات الترددات الراديوية RF channels المختلفة عن بعضها البعض .
كما إنه الناخب الذي ينتخب إشارة واحدة من بين عدة إشارات مختلطة مع بعضها البعض.

إن وظيفة مرشح المدخل input filter تتمثل في اختيار قناةٍ واحدة من بين عدة قنواتٍ و تضخيمها بينما يقوم بإرجاع بقية القنوات و منعها من الوصول إلى المضخم .

المكررات الفضائية Satellite repeaters
تتمثل أهم وظيفة تقوم بها المكررات الفضائية في تضخيم نطاق تردد الوصلة الصاعدة المرغوب تضخيمها و هذا التضخيم يتم في وحدة تدعى بالمستقبل receiver حيث يتم تضخيم استطاعة الإشارة لدرجةٍ كبيرة تصل حتى dB 60 ديسيبل , أي أن التضخيم يتم بمعدل عشرة مرفوعة للقوة 5 (105) أو عشرة مرفوعة للقوة 6 (106)

.
إن الفرق offset بين التردد الصاعد Fu و التردد الهابط Fd هو قيمةٌ ثابتة فهي في نظام البث C-band سي باند MHz 2,225 ميغاهرتز .
و يتوجب على جهاز الاستقبال تضخيم الإشارة بشكلٍ كبيرٍ جداً أي بحدود dB 60 ديسيبل حتى يعوض ضياعات الإشارة وهذا يتم عبر سلسلة من ترانزستورات التضخيم transistor amplifier

و كما ذكرت سابقاً فإن من العوامل المهمة في تصميم المستقبلات الفضائية عامل الضجيج الحراري the thermal noise حيث أن الضجيج الحراري يكون مصاحباً لعمل الأجهزة العاملة بالميكروويف – الموجات الميكروية- microwave –
ويشير مصطلح – منخفض الحرارة- low noise إلى المضخم amplifier الذي يتألف من ترانزستورات transistors مصممة بحيث تولد القليل جداً من الحرارة الداخلية internal noise .

إن كل جهاز استقبالٍ فضائي موجود في الأقمار الصناعية يحوي عناصر إسنادٍ احتياطية backup على شكل داراتٍ فرعيةٍ زائدة , و دارات الإسناد الاحتياطية هذه تكون في حالة خمول لحين الحاجة إلى استخدامها حيث تعمل هذه الدارات بشكلٍ آلي لتعوض أي خللٍ يطرأ على العناصر الأساسية وهذه التقنية شديدة الأهمية بشكلٍ خاص في حال الأقمار الصناعية حيث تنعدم إمكانية إصلاح الأعطال .

و كما ذكرت سابقاً فإن التجهيزات الفضائية تحوي على مضخمات احتياطية تكون في حالة توقف عن العمل في الحالات العادية ولا تعمل هذه المضخمات إلا عند حدوث خلل في المضخمات الرئيسية , لذلك يتوجب أن تحوي الدارة على قواطع تفعل عمل العناصر و الدارات الاحتياطية و من هذه القواطع ما يعرف بقاطع آر R Switch الذي يقوم باستبدال المضخم التالف بمضخمٍ آخر احتياطي .

تستخدم الكابلات المحورية coaxial لنقل الترددات الراديوية RF التي تقل استطاعتها عن 50Wوات كما تستخدم هذه الكابلات عندما يكون مسموحاً بضياع قدرٍ من الإشارة .
إن ناخب القنوات المتعددة المدخلي input multiplexer يقوم بفصل القنوات الداخلة إلى جهاز الاستقبال عن بعضها البعض حيث يتم هذا الفصل على أساس تردد هذه القنوات , و بعد ذلك يقوم بإرسال هذه القنوات بعد فصلها عن بعضها البعض إلى مرحلة التضخيم , و هذا الأمر بالنسبة إلى عملية استقبال الإشارة الفضائية .
أما بالنسبة للإرسال الفضائي فإن ناخب القنوات المتعددة المخرجي output multiplexer يقوم بضم القنوات المختلفة مع بعضها البعض تمهيداً لإرسالها عبر هوائي الوصلة الهابطة downlink antenna .

و يحوي متعدد الإرسال على مرشح مايكروويف microwave filter لكل قناة و قد تم ضبط هذا المرشح بحيث يمرر عرض الحزمة bandwidth الخاص بتلك القناة و أن يمنع مرور ما هو أعلى و ماهو أدنى من ذلك التردد .

مرشحات الدليل الموجي المجوفة Waveguide cavity filters
المعني بالتجاويف هنا هو التجاويف الرنانة resonant cavities
تعتبر هذه المرشحات من المرشحات الحديثة نسبياً و هي مصنوعة من الألمنيوم aluminum وتحوي عوازل كهربائية dielectrics و قد أظهرت هذه المرشحات كفاءةً عالية في التعامل مع الترددات الراديوية RF بالنسبة للمرشحات الأخرى .

ولابد للمرشحات المستخدمة في التجهيزات الفضائية من أن تمتلك مجال تمرير passband ذو عرض حزمة واسع و كافي لمرور الإشارات و معالجتها بأقل قدرٍ من التشويه distortion أي أن يمتلك المرشح حزمة تمرير مسطحة flat passband و ضياعات لانهائية لكل الترددات التي تقع خارج ترددات حزمة التمرير و هي ما تدعى بالاستجابة خارج المجال out-of-band response
وأعني بمصطلح خارج النطاق out-of-band الترددات التي يتم رفضها لأنها تقع خارج نطاق التردد المطلوب , أي أن المرشح سيطرح الترددات الأعلى و الأدنى من التردد المرغوب.

غير أنه لاوجود لمرشحٍ مثالي في عالم الحقيقة حيث تتعرض الإشارة دائما لقدرٍ من الضياع , وعلى كل حال يمكن القبول بنسبة ضياعٍ تتراوح بين ±0.5 و ±1dB أي نسبة زيادة أو نقصان في الإشارة تتراوح بين نصف ديسيبل و ديسيبل واحد .

و يتميز المرشح الجيد بمعدل تخميدٍ attenuation مرتفع عند هوامش نطاق التمرير passband مما يمكنه من التخلص من الترددات الهامشية غير المرغوب فيها , كما يتوجب في المرشح الجيد أن يمتاز بمقدرةٍ عالية على رفض الترددات التي تقع خارج النطاق المطلوب out-of-band rejection , كما يتوجب في المرشح الجيد أن يمتاز بمقدرته على تأخير التشويه delay distortion

لقد مر تطور المرشحات ذات تجويف الدليل الموجي waveguide cavity filters في العقود الأخيرة بمراحل متعددة كانت بداياتها مع المرشحات ذات الدليل الموجي المستطيل
Rectangular waveguide
Rectangular waveguide و التي تمتاز بثقل وزنها و انعدام استقرارها و تأثرها بدرجة الحرارة بشكلٍ كبير , أما الجيل الثاني من الفلاتر فقد كان الفلاتر ذات البنية المحورية coaxial وهي أصغر حجماً من سابقتها كما أنها تحوي على تعويض حراري temperature compensation و هذه المرشحات كانت تصنع من الإنفار Invar وهو سبيكة من الحديد و النيكل تمتاز بضآلة تمددها بتأثير الحرارة , كما كانت تلك الفلاتر تصنع كذلك من الألمنيوم ذو التعويض الحراري و مزيج البلاستيك مع الغرافايت graphite-plastic .

لقد مكنت برمجيات التصميم بمعونة الحاسب computer-aided design (CAD) مقترنةً بتجارب على الخلائط المعدنية و غير المعدنية من تصميم فلاتر متعددة القنوات multichannel صغيرة الحجم و مستقرة حرارياً.

■ يستخدم مصطلح الحالة الصلبة solid stateفي عالم الالكترونيات للإشارة إلى العناصر التي تتألف من أشباه موصلات semiconductor و ذلك بخلاف العناصر الألكترونية التي تتألف من أنابيب الكترونية مفرغة و كذلك فإن مصطلح الحالة الصلبة يطلق على العناصر الألكترونية التي تعتمد في عملها على عناصر ألكترونية كشرائح السيليكون و ليس على أجزاء ميكانيكية متحركة و على الأغلب تكون العناصر ذات الحالة الصلبة صماء مصمتة بخلاف العناصر غير الصلبة التي تكون مجوفة من الداخل . و بالرغم من أن العناصر الألكترونية ذات الحالة الصلبة solid state هي الأكثر استخداماً في عالم الاتصالات الفضائية , فإن هنالك بعض الاستخدامات للأنابيب المفرغة vacuum tubes مثل العنصر (توت) TWT عالي الاستطاعة الذي تقدم ذكره و الذي يستخدم في بث ترددات الميكروويف و تطلق التسمية (توت TWT) على الأنبوب أما التسمية (توتا TWTA) فتطلق على كامل المضخم amplifier مع مصدر التغذية الكهربائية الملحق به , و التغذية الكهربائية في حالة الإرسال الفضائي شديدة الأهمية حيث تحتاج هذه المنظومة إلى تأمين تيارٍ مستمر ذو جهدٍ عالي dc high voltages , ولكن في بعض مكررات الإشارة repeater يتم وصل وحدتي TWT على التوازي و يتم إمدادهما بالتغذية الكهربائية من مصدرٍ واحد .

□

□ يشير مصطلح (مكيف الاستطاعة الكهربائية electrical power conditioner (EPC) إلى مصدر التغذية الكهربائية و يجب أن تكون مكيفات الاستطاعة الكهربائية ذات عمرٍ مديد كما يتوجب فيها أن تمتلك كفاءةً عاليةً في تحويل الجهد المنخفض low-voltage إلى جهدٍ عالي مستمر high-voltage dc .

إن وحدة البث الفضائي (توت TWT) عبارة عن أنبوبٍ مفرغ خطي linear vacuum tube تعتمد في عملها على شعاعٍ الكتروني ضيق متحكم به بواسطة حقلٍ مغناطيسي .
ويقوم هذا المضخم بتحويل الطاقة الكهربائية إلى إشارة ميكروويف ويتم توليد الشعاع الألكتروني بواسطة مدفع كما هي الحال في شاشات التلفزيون القديمة و يتألف هذا المدفع الألكتروني من سخان heater و قطب سالب (مهبط) cathode و قطب موجب (مصعد) anode .

يقوم السخان heater برفع درجة حرارة القطب السالب (المهبط) فيقوم هذا المهبط بإصدار الألكترونات التي سرعان ما يقوم القطب الموجب (المصعد) بجذبها إليه عبر شحنته الموجبة .
وكما هي الحال في جميع الأنابيب الألكترونية فإن القطب السالب \ المهبط cathode هو العنصر الذي يحدد عمر هذه المنظومة كما أنه العنصر الأصعب صناعةً .

و يعمل قطب التوجيه focus electrode المحيط بالقطب السالب كعمل العدسة حيث يقوم بضغط و توجيه الشعاع الصادر عن هذا المهبط بحيث يؤمن أقل جهدٍ كافي لعمل وحدة (توت TWT) .
إن طاقة الميكروويف Microwave energy تنتقل في الفضاء بذات سرعة الضوء , وبذلك فإن سرعة الميكروويف في الأنبوب المفرغ تكون أعلى من سرعة الألكترونات , و لكن طاقة الميكروويف التي تنتقل في اللولب الحلزوني spiral helix الموجود ضمن الأنبوب المفرغ تكون ذات سرعةٍ محورية axial velocity أكثر بطأً من سرعة الشعاع الألكتروني .

نستفيد من اللوالب الحلزونية الضوئية كتلك التي نجدها في أجهزة البث الفضائي و أجهزة إصدار أشعة ليزر في تبطئة سرعة الأشعة وذلك عن طريق تمريرها في هذا اللولب .
و داخل ذا اللولب الحلزوني يتم الحفاظ على الإشعاع بشكلٍ محكمٍ و موجه عن طريق حلقاتٍ مغناطيسية , حيث تؤثر الحقول الكهرومغناطيسية على إشارة الميكروويف ذلك أن الحقل المغناطيسي يزيد من قوة إشارة الميكروويف و يقوم بتضخيمها , ولكن الإشعاع الألكتروني عندما يصل إلى نهاية الأنبوب يفقد معظم طاقته الحركية لصالح إشارة الميكروويف .

أي أنه في نهاية الأنبوب الألكتروني يضعف الإشعاع الألكتروني الصادر عن مهبط الأنبوب و يفقد طاقته الحركية لصالح إشارة الميكروويف التي تتضخم و تزداد قوةً .
أما عنصر التوهين – التخميد) attenuation الموجود في مركز اللولب الحلزوني فإنه يمنع الإهتزاز الذاتي self-oscillation و يضمن استقرار عمل وحدة توت TWT))

إن درجة تضخيم amplification وحدة (توت TWT) أو درجة كسبها (gain) تتناسب مع طولها (لماذا ؟) ؟
لأن طاقة الميكروويف تكتسب المزيد من القوة كلما طالت مدة مرورها في اللولب الحلزوني ومن الطبيعي أن تزداد مدة المرور بازدياد طول هذا اللولب الحلزوني .
وفي نهاية أنبوب (توت TWT) المولد لإشارة البث الفضائي يتوضع المجمع ففي هذا المجمع تتحول الطاقة من إشعاع إلى إشارة و هذا يتضمن انخفاضاً في سرعة هذه الأشعة حيث تفقد الألكترونات الكثير من سرعتها و طاقتها عند وصولها إلى المجمع إذ تقترب سرعة الألكترون من الصفر عند قرب اصطدامه بالمجمع .

و يمكن لوحدة (توت) عالية الاستطاعة high-power TWT أن تحول أكثر من 70% من التيار الكهربائي المستمر dc إلى ترددات إرسالٍ راديوية RF output , بينما تتحول 30% من استطاعة التيار المستمر إلى حرارة , وهذا سيؤدي إلى ارتفاع حرارة وحدة البث الفضائي بشكلٍ كبير لذلك ينصح باستخدام (مجمع إشعاع مباشر) direct-radiating collector حيث يكون هذا النوع من المجمعات بتماسٍ مباشر مع الفضاء الخارجي مما يساعد على تبديد حرارته , علماً أن نصف الإشعاع الحراري في وحدة البث(توت TWT) يتركز عند نهاية المجمع .

لقد ذكرت سابقاً بأن منظومة إمداد وحدة البث TWT بالطاقة شديدة الأهمية و يجب أن تكون هذه الوحدة مرفقة مع وحدة البث الفضائي بحيث تكون متوافقةً مع احتياجاتها من الطاقة .
و تحوي كتلة التغذية الخاصة بوحدة (توت TWT) :

-
- هزاز تيار متناوب AC oscillator
-
- محول جهد عالي high-voltage transformers
-
- مقومات rectifiers
-
- مكثف من نمط مضاعفات الجهد voltage multipliers capacitor-type

دارة المكثفات المضاعفة للجهد و التي تتألف من مكثفات و دايودات:

□
□ تقوم المقومات rectifiersبتحويل التيار المتناوب إلى تيارٍ مستمر وهي من أولى العناصر التي نجدها في التجهيزات الألكترونية حيث أن التجهيزات الألكترونية تعمل على تيارٍ مستمر كالتيار الذي نحصل عليه من البطاريات المدخرة للطاقة الكهربائية وأنها لا تعمل على تيار متناوب كتيار الكهرباء المنزلي .
■ حتى نضمن عمل وحدة البث الفضائي (توتا TWTA (لابد من توفير تغذية كهربائية مستقرة و ثابتة في جميع الظروف .
□ مضخمات الاستطاعة ذات الحالة الصلبة Solid-State Power Amplifiers
ذكرت سابقاً بأن وحدة البث الفضائي (توت TWT (هي العنصر الوحيد الذي يستخدم في عالم الإتصالات الرقمية مع أنه ليس من عناصر الحالة الصلبة solid state (لأنه عنصر مفرغ كما ذكرت سابقاً.

لقد كانت وحدة TWT هي العنصر الوحيد القادر على تضخيم إشارة الميكروويف amplify microwave signals إلى مستوىً أعلى من 1W واحد وات .

غير أنه قد تم تزويد الأقمار الصناعية من منظومتي تيليستار Telstar 3 و سات كوم Satcom 4 بشكلٍ جديد من وحدات البث يضمن لها خدمة تزيد عن تسعة أعوام وهي فترة خدمة وحدة البث الفضائي (توتا TWTA (الافتراضية وذلك باستخدام وحدة البث الفضائي SSPAs التي دخلت الخدمة في العام 1980 و التي كانت تتميز باستطاعة منخفضة تتراوح بين 5W وات و W 10
W 10 وات , كما أن استخدام مضخمات الاستطاعة power amplifier من النمط GaAsFET قد ساعد على الاستثمار العملي لوحدات البث الفضائي الجديدة في نظام البث (سي باند) C-band , كما استخدمت وحدات البث الجديدة في أنظمة البث L و إس باند المستخدمة في الخدمات الفضائية الجوالة MSS و خدمات DAB .
إن وحدات البث الفضائي ذات الحالة الصلبة solid state لا تحوي مهبط (قطب سلبي) cathode ولا تحتاج إلى جهدٍ عالي high voltages حتى تنتج شعاعاً ألكترونياً بخلاف وحدة البث الفضائي TWT التي تعمل ضمن ظروف حرارةٍ مرتفعة .

هوائيات التجهيزات الفضائية
لم يطرأ أي تطورٍ يذكر على هوائيات الميكروويف microwave antennas حيث ما زالت هذه الهوائيات كما هي منذ أكثر من سبعين عاماً .
■ الدليل الموجي waveguide وهو الجزء الذي يفصل منظومة البث الفضائية عن الهوائي يتميز بمقاومةٍ عالية مقارنةً بمقاومة الفضاء الخارجي حيث تصل مقاومته إلى Ω 377 أوم و ذلك منعاً لإشارة البث من أن تنعكس مجدداً إلى داخل جهاز الإرسال .
■ المحطات الأرضية Earth station
تتولى المحطات الأرضية مهمة التواصل مع الأقمار الصناعية و بعض هذا المحطات وحيدة المسار one-way أي أنها تستقبل من القمر الصناعي ولا ترسل له كما هي حال أجهزة الاستقبال التلفزيوني المنزلية , وهناك كذلك محطاتٌ ثنائية المسار two-way أو full duplex أي أنها تستقبل من القمر الصناعي و ترسل له في الوقت ذاته .

□
□ يتألف قسم الإرسال أي القسم الذي يتولى مهمة رفع الإشارة إلى القمر الصناعي من الأجزاء التالية :
•
• محولات الرفع up- converter
•
• مضخمات الإستطاعة العالية high power amplifier – HPA
•
• دليل موجة البث transmit waveguide : يقوم بتوجيه الإشارة من مضخمات الإستطاعة العالية إلى قرن التغذية feed horn الذي يقوم ببث الإشارة .

□
□ يتألف قسم الاستقبال أي القسم الذي يتولى استقبال الإشارة من القمر الصناعي من الأجزاء التالية :
•
• محولات التنزيل Down-converter
•
• مضخمات ذات ضجيج منخفض low noise amplifier إبرة الاستقبال LNB

■ يتم وصل كلاً من إبرة استقبال البث الفضائي LNB المضخم ذو الضجيج المنخفض و إبرة البث الفضائي HPA مضخم الاستطاعة العالية إلى قرن التغذية ذاته feed horn وذلك باستخدام دليل موجة waveguide شاقولي (أفقي) يدعى بمحول الطاقة ذو الوضع القائم ortho-mode transducer – OMT حيث يقوم دليل الموجة بتوجيه كلٍ من الإشارات ذات الاسستقطاب الأفقي horizontal و الإشارات ذات الاستقطاب العمودي
vertical polarization
vertical polarization نحو الهوائي ليتم بثها .

□ يطلق مصطلح محول الطاقة transducer على التجهيزات التي تقوم بتحويل الطاقة من شكلها الأصلي إلى شكلٍ آخر مثل مكبر الصوت الذي يحول الإشارة الكهربائية إلى طاقةٍ صوتية .
كما تحوي المحطات الفضائية على أجزاء مشترك مثل المودم الرقمي digital modems و المجمع -المجزء division multiplexer و مهمته فصل القنوات الفضائية المختلفة عن بعضها البعض في حالة الاستقبال و تجميع القنوات الفضائية مع بعضها البعض في حالات الإرسال .

و تتواصل محولات الرفع upconverters (محولات البث) و محولات التنزيل downconverters (محولات الاستقبال) مع بقية مكونات الجهاز باستخدام ترددٍ بيني IF يبلغ 70 MHz سبعين ميغا هرتز.
كما يقوم محول رفع الكتلة a block upconverter بإرسال البيانات إلى مضخمات الإستطاعة العالية HPA تهيئةً لبثها وذلك على ترددٍ بيني قدره 70 MHz ميغا هرتز كذلك (لماذا ؟) ؟
لأن البث باستخدام هذا التردد يمكننا من استخدام كابلات محورية coaxial منخفضة التكلفة للبث uplink و الاستقبال downlink وخصوصاً أن هنالك دائماً مسافة غير قليلة بين جهاز الاستقبال أو جهاز البث الفضائي و بين هوائي الاستقبال و البث .

□ تقوم كلٌ من محولات الرفع upconverters و محولات التنزيل downconverters بتحويل التردد البيني IF الذي يبلغ 70 MHz ميغاهرتز إلى تردد راديوي RF frequencies معد للبث uplink و الاستقبال downlink .
حيث تقوم محولات الرفع و محولات التنزيل بتحويل تردد حامل الإشارة carriers من ترددٍ راديوي RF frequencies إلى ترددٍ بيني IF و هذا التردد البيني هو التردد الذي تعمل عليه أجهزة المودم modems و تجهيزات baseband النطاق الأساسي .
وقد تحوي المحطات الفضائية على منظومة قدرة كهربائية غير قابلة للإنقطاع يو بي إس (UPS) وهي منظومةٌ تحوي بطاريات

مدخرة للطاقة الكهربائية تعمل في حالات انقطاع التيار الكهربائي .
يتم تحويل التيار المتناوب إلى تيارٍ مستمر عبر مقومات rectifier تقوم بتقويم التيار المتناوب إلى تيارٍ مستمر dc يصلح لعمل الأجهزة الألكترونية .
و تتألف وحدات اليو بي إس UPS من بطارياتٍ مدخرة للطاقة الكهربائية , كما تتألف كذلك من محول تيار متناوب إلى تيارٍ مستمر و من ثم إلى تيار متناوب مرةً أخرى ac-dc-ac .

إن الوصلات الصاعدة عالية الاستطاعة High-power uplinks في المحطات الأرضية الكبيرة أي محطات الإتصال بالأقمار الصناعية تتسبب في حدوث نسبة إشعاعٍ radiation عالية لذلك يتم إنشاء هذه المحطات بعيداً عن المناطق المأهولة بالسكان , أما الوصلات المنخفضة الاستطاعة Low-power uplinks كتلك الموجودة في تجهيزات الأنترنت الفضائي المنزلية فإنها تتسبب في حدوث درجةٍ أقل من الإشعاع .

وفي حالات البث الفضائي فإن بإمكاننا إنقاص مساحة الهوائي الفضائي كلما رفعنا من استطاعة إبرة البث و كذلك هي الحال عند استقبال البث الفضائي حيث أن كسب الإشارة يزيد كلما ازدادت مساحة هوائي الاستقبال الفضائي .
وبالطبع فإن المحطات الأرضية التي تتواصل مع الأقمار الصناعية غالباً ما تستخدم الهوائي ذاته لإرسال الإشارة و استقبالها من القمر الصناعي .

ويتم وصل الإبرة بشكلٍ مباشر مع الدليل الموجي LNB و ذلك لمضائلة فاقد الإشارة (قد لا نجد الدليل الموجي في التجهيزات الفضائية التي لا تبث الإشارة و إنما تستقبلها فقط .

■ إن أهم العناصر بين التي تقع بين وحدة النطاق الأساسي basebandو بين حلقة التردد البيني IF chain
تتمثل في المعدل modulator و مستخلص التعديل demodulator و الجهاز الذي يجمع ما بين هذين العنصرين معاً و يقوم بعملهما معاً يدعى بالمودم modem
فعند استقبال الإشارة الفضائية يقوم جهاز فك التعديل demodulator بالآتي :

-
- كشف الإشارة الحاملة للبيانات carrier و التعرف عليها .
-
- مزامنة البيانات .
-
- تصحيح أخطاء البث .

أما تعديل الإشارة Modulation فيتمثل في مزج البيانات مع حامل يبلغ تردده 70MHz ميغاهرتز وذلك تمهيداً لنقل الإشارة في كبل محوري
و كما هي الحال عند إعادة استخدام التردد ذاته باستخدام تقنية الاستقطاب فإننا نطبق تقنية QPSK كي بي إس كي التي تؤمن وجود مسار تعديلٍ آخر تبلغ درجة انحرافه تسعين درجة 90 degree , وبذلك يمكن مضاعفة تردد قناة الإرسال .

و كذلك الحال في عملية استقبال البيانات حيث تحوي منظومة الاستقبال على دارة تعمل على إزالة الضجيج من الإشارة المستقبلة , كما تحوي كذلك على دارة قرار decision circuit و يتمثل عمل هذه الدارة في تحديد القيمة التي يمثلها البت bit المُستقبل و ما إذا كانت هذه القيمة تساوي الواحد أو الصفر , حيث أن الواحد و الصفر هما الحالتين الوحيدتين في التقنية الرقمية ولا توجد حالةٌ ثالثة , ولكن الضجيج و التشويه يمكن أن يفسدا عمل دائرة القرار و يجعلها تتخذ قراراً خاطئاً وهو ما يتسبب في حدوث أخطاء البت bit errors و في نهاية الأمر فإن نسبة هذا النوع من الخطأ BER في تحديد هوية البت 1 أو 0 هي التي تحدد مدى جودة البث .
إن أجهزة المودم الفضائية satellite modem كما هي حال أجهزة المودم المستخدمة في الاتصالات الأرضية تحوي مجموعة دارات ترميز coding و فك ترميز decoding تعمل بمعدل تصحيح مسبق للخطأ FEC , حيث تعمل هذه الدارات على التقليل من معدل أخطاء البت BER بمعدل مئة إلى عشرة آلاف .
كما يتولى المودم مهاماً أخرى كالضغط و فك الضغط compression/decompression و التشفير و فك التشفير encryption/decryption .

□ أجهزة القياس الفضائية
هناك العديد من المعدات و البرمجيات المساعدة التي يمكن أن تساعدنا في تعاملنا مع عالم الاتصالات الفضائية و مثالها :

-
- أجهزة القياس عن بعد telemetry decommutator .

تقوم أجهزة الكومبيوتر في محطات القيادة الأرضية بشكلٍ دائم بمقارنة بيانات القياس عن بعد telemetry data مع القيم المسموح بها المتعلقة بالقمر الصناعي و تقوم بإنذار الجهات المختصة في حال حدوث أي طارئ كخروج القمر الصناعي عن مداره .

•

• مشابهات المركبات الفضائية spacecraft simulator : وهي تحاكي في عملها القمر الصناعي وهي تستخدم لتدريب العاملين في مجال إطلاق و استثمار الأقمار الصناعية .

■ محطات الأنترنت الفضائي المنزلية VSAT

يمكن أن تؤمن هذه المحطة الصغيرة خدمة أنترنت ثنائية الاتجاه (إرسال و استقبال) تتجاوز سرعتها الفعلية Mbps 10 عشرة ميغابايت في الثانية أما استطاعة المضخم العالي الاستطاعة HPA فهي تتراوح بين واحد وات 1W و عشرة وات 10W و بالطبع فإن المضخم العالي الاستطاعة مسئولٌ عن تهيئة إشارة بث ذات استطاعةٍ كافية لتصل إلى القمر الصناعي .

و تتألف هذه المحطة من إبرة لاقطة LNB لإستقبال الإشارة كما تتألف من محول رفع upconverter ووحدة SSPA للبث الفضائي و رفع البيانات إلى القمر الصناعي .

وقد يجمع محول رفع الكتلة block upconverter مع وحدة البث SSPA و عندها يشار إلى هاتين الوحدتين بتسمية محول رفع الكتلة block upconverter (BUC) .

و نظراً لانخفاض استطاعة بث هذا النوع من المحطات المنزلية و ضيق تردداتها الراديوية RF فإنها لا تصلح لبث الفيديو أي أنها لا تصلح لأن تشكل محطة بثٍ أرضية لقناةٍ فضائية , ومن الممكن في هذه الحالة ضغط الفيديو الرقمي إلى حد kbps 128 و لكن نوعية الصورة ستسوء كثيراً في هذه الحالة .

وتعتمد هذه المحطات في بثها و استقبالها للبيانات على تقنيات بث الحزمة ذو النفاذ العشوائي

random access packet transmission

random access packet transmission مثل بروتوكول ألوها ALOHA) .

■ الاتصالات الفضائية الجوالة Mobile satellite communication – MSS

تقدم هذه الخدمة الأنترنت الفضائي عبر أجهزة محمولة و تعتمد هذه الخدمة على الأقمار الصناعية التي تتوضع على مداراتٍ ثابتة GEO satellites مثل منظومة إنمار سات Inmarsat وفق النطاق (إل باند (L-band) , ويتم التقاط البث باستخدام هوائي قطره 60 cm .

•

• كيف يبحث جهاز الاستقبال الفضائي (الريسيفر) عن قنواتٍ جديدة؟

كل قناةٍ فضائية يجب أن تمتلك الإحداثيات التالية :

•

• التردد : عبارة عن خمسة أعداد تتراوح بين الرقم 10000 و الرقم 12800.

•

• الرمز النسبي : غالباً ما يتكون من خمسة أعداد و الرمز النسبي الأكثر انتشاراً هو 27500
و لكن هناك رموزٌ نسبية أخرى مثل 22000 أو 3000 و غيرها .

•

• معدل التصحيح المسبق للخطأ fec : و هو عبارة عن نسبةٍ بين عددين , وغالباً ما يكون 3/4 , ولكن هنالك رموز نسبيةٌ أخرى : مثلاً 5/6 .

الاستقطاب: إما أن يكون استقطاب القناة أفقياً H و إما أن يكون عمودياً V , مع أن هنالك أشكالٌ أخرى من الاستقطاب كالاستقطاب الدائري اليميني و الاستقطاب الدائري اليساري .

وهناك شكلين من أشكال البحث عن القنوات و الترددات الجديدة هما :

•

• البحث الآلي (المسح الآلي) البحث الأوتوماتيكي :

في هذا الشكل من أشكال البحث لايعثر الجهاز على تردداتٍ جديدة و لا يعثر على القنوات الجديدة التي تعمل بتردداتٍ جديدة إذا كانت غير موجودة في ذاكرته , و إنما يبحث عن قنواتٍ جديدة تعمل بتردداتٍ قديمة مخزنة في ذاكرته .

مثلاً : لدينا جهاز لا تحوي ذاكرته على التردد التالي :

11363

11363التردد

H

H القطبية

30000

30000الرمز النسبي

معدل التصحيح المسبق FEC 3/4

و لكن القمر الصناعي بدأ ببث قناةٍ جديدة على ترددٍ جديد هو التردد السابق الغير موجود في ذاكرة الجهاز و لو قمنا بإجراء بحث

أو مسحٍ آلي للقنوات فإن الجهاز لن يعثر على هذه القنوات الجديدة لأن ترددها غير مخزن في ذاكرته , فالجهاز في حالة البحث الآلي (المسح الأوتوماتيكي) يجرب الترددات المخزنة واحداً بعد الآخر بحثاً عن قنواتٍ جديدة .
□
□ في حالة البحث الآلي يبحث جهاز الاستقبال الفضائي عن قنواتٍ جديدة و ليس عن باقاتٍ و تردداتٍ جديدة .
□
□ في حالة البحث الآلي لا يعثر جهاز الاستقبال الفضائي عن قنواتٍ تردداتها غير موجودة في ذاكرته .

■ البحث اليدوي :
في هذا الشكل من أشكال البحث نقوم بإدخال ترددٍ جديد إلى ذاكرة الجهاز كما نقوم بإدخال كافة إحداثيات هذا التردد الجديد بشكلٍ يدوي .
■ البحث الأعمى Blind search – البحث دون سابق معرفة :
تمكننا طريقة البحث دون سابق معرفة من العثور على تردداتٍ عاملة جديدة غير موجودةٍ في ذاكرة الجهاز , حيث يقوم جهاز الاستقبال الفضائي خلال عملية البحث دون سابق معرفة بالبحث عن الترددات الجديدة على شكل خطوات نقوم بتحديدها له بشكلٍ مسبق , أي أن الجهاز يقوم بزيادة التردد بشكلٍ تدريجي على شكل خطوات , و الخطوة الواحدة غالباً ما تكون خمسة أعداد و يمكن أن تكون أقل أو أكثر من ذلك , حيث أن التردد يبقى قابلاً للالتقاط إذا تغير عدد الآحاد فيه ما بين صفر و تسعة فغالباً لا يتأثر تردد قناةٍ ما إذا غيرنا أحادها بين العدد صفر و العدد تسعة .
مثلاً : يمكن التقاط قناة ترددها 11000 على التردد 11005 و قد يكون ممكناً التقاطها كذلك على التردد 11009 .
●
● في حالات البحث دون سابق معرفة تزيد مدة البحث كلما قلت قيمة الخطوة : بمعنى أن البحث وفق خطوة مقدارها 5 أعداد يستغرق و قتاً أطول من البحث وفق خطوة مقدارها 10 أعداد :
فنحن مثلاً عندما نحدد الخطوة الواحدة بالعدد 5 فإن البحث ما بين صفر و مئة سيتطلب القيام بعشرين عملية بحث :
5 -10-15-20- 25–30-35-40-45-50 -55-60-65-70-75-80-85-90-95-100
5 -10-15-20- 25–30-35-40-45-50 -55-60-65-70-75-80-85-90-95-100
و لكننا عندما نحدد خطوة البحث الواحدة بالعدد 10 فإن البحث ما بين الصفر و المئة سيتطلب القيام بعشرة عمليات بحث :
0-10-20-30-40-50-60-70-80-90-100
0-10-20-30-40-50-60-70-80-90-100
و بالطبع فإن كل خطة بحث تعني زيادةً في رقم التردد و يتحدد مقدار الزيادة تبعاً لقيمة الخطوة .
ولكن المشكلة في حالات البحث دون سابق معرفة تكمن في (الرمز النسبي) للقناة حيث لايمكن لجهاز الاستقبال أن يلتقط قناةً جديدة إلا إذا كان إدخال التردد و الرمز النسبي صحيحين بمعنى أنه إذا كانت هنالك قناةً جديدة تبث ضمن باقةٍ جديدة ترددها 11000 و رمزها النسبي 22000 فإن الجهاز لن يلتقط هذا التردد الجديد إلا إذا جرب تردد القناة مع رمزها النسبي تحديداً و ليس مع رمزٍ نسبي آخر , أي أنه لا يمكن التقاط قناةٍ ترددها 11000 و رمزها النسبي 22000 إذا أدخلنا رمزاً نسبياً آخر و ليكن مثلاً الرمز النسبي الشائع 27500.
و لهذا السبب فإن البحث الأعمى أو البحث دون سابق معرفة يتيح إدخال سلسلةٍ من الرموز النسبية الشائعة مثل 27500 و 30000 و 22000 و غيرها , و لكن علينا أن نعلم بأن
كل رمزٍ نسبي جديد نرغب بتجربته سيضاعف مدة البحث , لماذا ؟
لأن جهاز الاستقبال سيقوم بتجربة هذا الرمز النسبي مع كل الترددات ليتأكد من صلاحيته .

■ كيف يكتشف جهاز الاستقبال الفضائي وجود قنواةٍ جديدة عندما يقوم بعملية البحث الآلي ؟
كما ذكرت سابقاً فإن القنوات الفضائية تنتظم ضمن حزمٍ أو باقاتٍ ترددية و يشترط في القنوات التي تنتمي إلى باقةٍ واحدة أن يكون لها ترددٌ واحد و رمزٌ نسبيٌ واحد Symbol rate و معدل تصحيحٍ مسبقٍ واحد FEC و استقطابٌ واحد : عمودي V أو أفقي H .
إذاً كيف يميز الريسيفر بين القنوات الفضائية التي تنتمي لباقةٍ واحدة طالما أنها تمتلك الإحداثيات ذاتها , وكيف يكتشف وجود قنواةٍ جديدة على هذا التردد طالما أن القنوات العاملة على ترددٍ واحد تمتلك البيانات ذاتها ؟
وما هو الشيء الذي يعطي تميزاً لكل قناة و يجعلها مختلفةً عن بقية القنوات ضمن الباقة ذاتها ؟
إن هذا المميز هو البيد PID .
و للبيد هذا أشكالٌ متعددة فهناك البيد السمعي Audio pid و بيد الفيديو Video pid أو البيد المرئي و غيره .
إذاً من الناحية العملية يميز الريسيفر بين القنوات المختلفة عن طريق هذه البيدات .
و أثناء قيام الريسيفر بعملية البحث الآلي فإنه يقوم بتجربة الترددات المخزنة في ذاكرته مع بيداتٍ جديدة يقوم بعدها بشكلٍ تصاعدي و عندما يكتشف الريسيفر وجود بيدٍ جديدٍ عامل أي بيد صوتي يشغل إشارةً صوتية أو بيد فيديو يشغل إشارةً مرئية يعلم الريسيفر عندها بأنه قد وجد قناةً جديدة فيقوم بتثبيتها .

والآن سأعلمكم خدعةً بسيطة تتعلق بالبيد الصوتي حيث تمكنكم هذه الخدعة من إخفاء صوت قناةٍ ما على جهازكم بشكلٍ نهائي و ذلك بفتح قائمة التحكم بالبيد الصوتي أو البيد السمعي
و العبث بقيمة هذا البيد بتغيير أعداده و من ثم تثبيت ذلك و حفظه حيث تلاحظون بعدها اختفاء صوت القناة علماً أن البيد بخلاف التردد و الرمز النسبي حساس جداً لأي تغيير فيه , و أي عبث به مهما كان بسيطاً يؤدي إلى اختفاء الصوت أي أنه يكفي رفع قيمته أو خفضها بعددٍ واحد حتى يختفي صوت القناة .
الخدعة الثانية :
أن نضع صوت قناة على صورة قناةٍ ثانية شريطة أن تكون لهاتين القناتين الإحداثيات ذاتها أي أن تكونا ضمن باقةٍ واحدة , وهذا الأمر يتطلب منا أن نسجل قيمة بيد القناة التي نرغب بالسماع إليها و أن نضع هذا البيد السمعي مكان البيد السمعي للقناة التي نرغب بمشاهدة صورتها و هكذا ندمج صوت قناة مع صورة قناةٍ ثانية فيمكننا مثلاً أن نضع بيد صوت قناة أفلامٍ عربية مكان البيد الصوتي لقناة أفلام أجنبية فنحصل على صورة فلم أجنبي و صوت فلم عربي .

■ غالباً ما تخضع الإشارة في التجهيزات الفضائية للعمليات التالية :
□
□ التصحيح المسبق للخطأ Forward error correction :
تهدف هذه العملية إلى مضائلة معدل الخطأ Error rate و مضائلة كمية الطاقة اللازمة و زيادة معدل البت bit rate عند المخرج .
□
□ الضغط Compression : تقلل عملية الضغط من عديد البت لكن عملية الضغط هذه قد تتسبب في إحداث ضياعات و قد لا تتسبب في ذلك و قد تؤثر عملية ضغط البيانات على جودة الإشارة كما أنها قد تتسبب في حدوث تأخير .
□
□ التشفير Encryption : تضمن عملية التشفير خصوصية البيانات و تمنع اعتراضها و اختراقها , و على الأغلب لا تتسبب عملية التشفير في زيادة معدل البيانات data rate ومن الممكن أن تتسبب هذه العملية في حدوث تأخير .

بروتوكول التكيف Protocol adaptation
يتم إرسال البيانات الفضائية بحيث تكون متكيفةً و متوافقة مع بروتوكول الأنترنت (TCP/IP) و تضمن هذه البروتوكولات إلى حدٍ ما خفض سلبيات الاتصال الفضائي مثل أخطاء البت bit errors و التأخير delay
و بالنسبة لعملية ضغط البيانات فإنها على نمطين :
□
□ الضغط دون ضياع البيانات lossless compression : و في هذه العملية تتم إزالة البتات bits عديمة الفائدة التي لا تحمل أي بيانات .
□
□ الضغط المضيع للبيانات lossy compression

أما بروتوكول التكيف Protocol adaptation فإنه يعمل على إزالة التأخير الحاصل في خدمات الأنترنت الفضائي التي تقدمها الأقمار الصناعية المتوضعة في مداراتٍ ثابتة و متزامنة مع دوران الأرض GEO .

إن العملية المعاكسة لعملية التضمين (التعديل) modulation أي تضمين البيانات في موجةٍ حاملة , هي عملية الاستخلاص demodulation أو ما يعرف بفك التعديل , أي استخلاص البيانات baseband من الموجة الحاملة carrier

حيث يتوجب على المستخلص demodulator أولاً أن يلتقط و يكتسب الموجة الحاملة للبيانات carrier و أن يستخلص سيل البت bit stream أي البيانات منتجاً ما يدعى بالنطاق الأساسي baseband من البيانات بشكلٍ يمكن لدائرة فك التشفير – الديكودر decoder أن تتعامل معه .
إن الموجة الراديوية الحاملة للبيانات RF carrier التي تأتي من المضمن modulator لا تكون ذات تردد ميكروويف microwave frequencies و إنما تكون ذات ترددٍ بيني
, intermediate frequency (IF)
intermediate frequency (IF) , حيث أن معظم محطات الإرسال و الاستقبال تعمل على ترددٍ بيني IF مقداره 70 MHz ميغا هرتز , حيث يسمح هذا التردد البيني الموحد للمضمنات modulators و المستخلصات demodulators بالتواصل مع بعضها .
كما يسمح هذا التردد بنقل البيانات باستخدام كبلٍ محوري.

و في بعض الحالات يكون عرض حزمة الموجة الراديوية RF bandwidth أعلى من 140 MHz ميغا هرتز مما يجعل استخدام ترددٍ بيني IF مقداره 70 MHz ميغاهرتز أمراً غير ممكن.
و لتجنب هذا الأمر يتم تعديل الموجة الحاملة لتصبح موجة بث ذات تردد ميكروويف microwave frequency كما يمكن استخدام تردد بيني عالي high IF 140 MHz ميغا هرتز تجنباً لهذه الحالة .
و في حالة التضمين الرقمي digital modulation للبيانات فإن عرض الحزمة bandwidth يجب أن يكون متناسباً بشكلٍ مباشر مع معدل دخل البيانات input data rate

B = am . R
B = am . R
حيث B يعني عرض الحزمة
R
R معدل البيانات data rate بت في الثانية bits per second
am
am قيمةٌ ثابتة متعلقة بنوعية التضمين الرقمي digital modulation المستخدمة كما تتعلق كذلك بقيمة معدل التصحيح المسبق للخطأ FEC , و على سبيل المثال فإن قيمة am في حالة التعديل الرقمي من النمط QPSK و هو النمط السائد في البث الفضائي الرقمي تساوي 0.6.
و كذلك فإن القيمة am هي قيمةٌ متناسبة مع ترتيب التضمين فعند التحويل مثلاً من النمط
QPSK
QPSK إلى النمط 16 QAM فإن قيمة هذا العامل تنخفض إلى النصف فتصبح قيمة هذا العامل 0 .3 .
و لكن استخدام معدل تصحيح مسبق للخطأ FEC ذو رمز نسبي قيمته 3/4 يؤدي إلى زيادة قيمة am لتصبح 0.8 بدلاً من 0.6. في النمط QPSK و 0.4 بدلاً من 0.3 في النمط 16 QAM .
إن وظيفة محول الرفع upconverter هي أن ينقل التردد حامل الإشارة carrier دون الحاجة إلى تحويل التردد البيني IF إلى تردد ميكروويف microwave frequency
و يحوي محول الرفع upconverter على مازج ميكروويف microwave mixer و هزاز محلي local oscillator (LO) .

حيث يتم النقل و فق المعادلة التالية :
التردد الناتج output frequency يتألف من حاصل جمع تردد المدخل input IF مع تردد الهزاز المحلي LO .
فإذا كان التردد البيني 70 MHz ميغاهرتز و كان تردد الهزاز 3000 MHz ميغا هرتز فإن التردد الناتج output RF يساوي 3070 MHz ميغاهرتز .
3070=3000+70
3070=3000+70

□ RF = Radio Frequency
□ RF = Radio Frequency التردد الراديوي

ولكن هذ الأمر قد لا ينطبق على محولات الرفع upconverters الحديثة حيث تتميز هذه المحولات بأنها رشيقة التردد frequency agile حيث يمكن اختيار ترددات الهزاز المحلي
LO
LO و التحكم بها بكل يسر كما يحدث في ناخب أجهزة الاستقبال الفضائية و التلفزيونية .
وهنالك نوع من أنواع الهزازات المحلية LO يدعى بمُركب التردد frequency synthesizer
حيث يتم توليد الترددات بشكلٍ رقمي أما الهزازات غير المُركبة nonsynthesized للترددات فإنها لا تتميز بالثبات أمام عاملي الزمن و الحرارة .
□ المضخم مرتفع الاستطاعة High-Power Amplification (HPA)
التضخيم مرتفع الاستطاعة هو آخر مراحل البث الفضائي و مهمة هذا المضخم تتمثل في رفع استطاعة حامل موجة الميكروويف من مخرج محول الرفع upconverter .

و يكون المضخم المرتفع الاستطاعة على شكل إنبوبٍ مفرغ من الهواء Vacuum-tube HPAs لا يحتاج إلى تبريدٍ , وهناك مضخم الاستطاعة كليسترون klystron power amplifier (KPA) و مضخم انبوب الموجة السيارة the traveling wave tube amplifier (TWTA) و مضخم الحالة الصلبة solid state power amplifiers -SSPAs
تقاس قدرة مضخم كيليسترون (KPA) بالكيلوواط kilowatts وهو شائع الاستخدام في وصلات الفيديو الصاعدة video uplinks أي الوصلات التي تبث من الأرض باتجاه الأقمار الصناعية .
ويحوي انبوب كيليسترون لموجات الميكروويف تجويف لموجه رنين الموجة يمكننا من ضبط التردد , أما عرض الحزمة العامل operating bandwidth في مضخمات كيليسترون فإنه يتراوح بين 50 و 100 MHz ميغاهرتز و لكن تغيير ترددات حزم

الإرسال في مضخمات كيليسترون يستدعي إعادة ضبط المكونات الداخلية و هذا ما يعتبر نقطة ضعف في هذه المضخمات .
و لكننا لا نحتاج إلى إعادة ضبط المكونات الداخلية في مضخمات (توتا)TWTA وهي من مضخمات الميكروويف microwave amplifier الشائعة الاستخدام في التجهيزات الفضائية و تمتلك هذه المضخمات عرض حزمة bandwidth أكثر اتساعاً من عرض الحزمة في مضخمات كيليسترون , حيث يمكن لمضخمات (توتا) TWTA أن تبث على عرض حزمة قدره 500 MHz ميغاهرتز عند البث وفق النطاق " سي باند " C-band
و 2,000 MHz عند البث وفق النطاقين " كيو باند " Ku- و " كا باند " Ka-bands و تتراوح استطاعة ناتج مضخمات " توتا" TWTA بين 50W و 800W وات .
إن مضخمات "توتا " ذات ناتج استطاعته 10 kW و التي يتم تبريدها بالماء water-cooled كانت تستعمل في محطات إرسال إنتلسات INTELSAT الأرضية .
و بما أن كلاً من مضخمات " توتا " TWTA و مضخمات كيليسترون (KPA) هي عبارة عن أنابيب مفرغة vacuum tubes فإنها تتطلب توفر جهدٍ كهربائي مرتفع high-voltage . كما أن كلاً من هذين المضخمين يحويان قطباً سالباً مضخماً (كاثود) cathode يقوم بإرسال الألكترونات اللازمة في عملية التضخيم .
و بالنسبة للمضخمات عالية الاستطاعة HPA المستخدمة في البث في المحطات الأرضية يمكن استخدام أنواع تدوم لبضعة أعوام فقط قبل أن نضطر لتغييرها أما بالنسبة للمضخمات المستخدمة في الأقمار الصناعية فيجب أن تكون ذات عمرٍ طويل , كما يجب أن تكون أصغر حجماً و أقل استهلاكاً للطاقة كما يتوجب أن تمتلك كفاءةً عالية في تحويل التيار الكهربائي المستمر إلى ترددات راديوية dc-to-RF .
إن جميع الإبر LNB وو حدات LNA الموجودة اليوم في المحطات الأرضية تحوي ترانزستورات منخفضة الضجيج low-noise transistors .

كترانزستورات تأثير حقل الغاليوم أرسينيك gallium arsenide field effect transistors (GaAs FETs) و تدعى هذه الترانزستورات كذلك بترانزستورات الألكترونات ذات الحركة العالية , وهذه الألكترونات أكثر كفاءةً كما أنها تنتج ضجيجاً أقل من الضجيج الذي تنتجه ترانزستورات السيليكون الثنائية القطب silicon bipolar transistor .
ومن أكثر أنواع الترانزستورات استخداماً في الدارات المدمجة نجد ترانزستورات FET التي تستخدم كمضخمات ميكروويف microwave amplifiers

كما أن مركب فوسفيد الإنديوم Indium phosphide هو من المركبات المستخدمة في ترانزستورات الألكترونات ذات الحركة العالية high electron mobility transistors (HEMTs) .

و الضجيج ذو طبيعة عشوائية لأنه ناجم عن الحركة العشوائية للألكترونات و العناصر الأخرى .
و يعتبر الضجيج الأبيض white noise من أكثر أشكال الضجيج شيوعاً في التجهيزات الفضائية و يؤدي هذا الضجيج إلى حدوث تقلباتٍ عشوائية في الجهد voltage
وغالباً ما يوصف ضجيجٌ ما بأنه ضجيجٌ أبيض إذا كان ضجيجاً ثابتاً .

و يمكن في بعض الحالات أن يكون جهد voltage الضجيج أكبر من سعة الإشارة amplitude the signal و في هذه الحالة يمكن للمستخلص demodulator ألا يميز بين الإشارة و بين الضجيج و هنا يمكن للضجيج أن يؤثر بشكل سلبي على البيانات المرسلة , و لكن هنالك بعض التقنيات كما ذكرت سابقاً تسمح باكتشاف الأخطاء و تصحيحها بشكلٍ مسبق قبل إرسالها كتقنية التصحيح المسبق للخطأ FEC forward error correction.

و يتوجب علينا الانتباه إلى أن جودة البث تحددها نسبة قوة إشارة الحامل إلى الضجيج Carrier-to-Noise Ratio كما يتوجب علينا الانتباه إلى أن تحسين جودة الإشارة لا يتم عبر تضخيم إشارة النطاق الأساسي the baseband signal لأن تضخيم إشارة النطاق الأساسي سيتسبب كذلك في تضخيم الضجيج , لذلك فإن تحسين الإشارة يتم عبر كبت الضجيج عند مدخل جهاز الاستقبال .
و لهذا السبب تقاس كفاءة المحطات الفضائية وفقاً لنسبة استطاعة إشارة ترددالحامل الراديوي إلى استطاعة الضجيج RF carrier

■ عندما يكون هنالك اختلافٌ بمقدار 90 درجة بين جهاز الإرسال و إبرة الاستقبال (قرن الاستقبال) عندها يقال بأن هذه التجهيزات ذات استقطابٍ متصالب crosspolarized حيث يكون تدفق الطاقة بين المرسل و المستقبل في أدنى مستوياته .

■ تحتاج شبكات الاتصال الأرضية و اللاسلكية إلى الكثير من عقد التكرار repeater hop حتى تغطي كافة المساحة المخدمة و لا يمكن تخديم أي منطقة لاتوجد فيها مثل هذه العقد بينما نلاحظ بأن الاتصالات الفضائية تحتاج إلى وجود عقدة تكرار واحدة فقط حتى تؤمن الاتصال وهذه إحدى ميزات الاتصالات الفضائية .

□ الخدمات الفضائية الرقمية الراديوية و الصوتية S-DARS :
Satellite Digital Audio Radio Service
Satellite Digital Audio Radio Service
يتم تأمين هذه الخدمة عبر النطاقين ل L و إس باند S-bandالذين يتم بثهما من خلال محطاتٍ فضائية متوضعة على مدارات فضائيةٍ ثابتة GEO و أقمار المدارات المنحرفة الشديدة الإهليليجية inclined orbit (HEO) highly elliptical التي تتطلب أربعةً و عشرين ساعةً حتى تتم دورةً كاملةً حول الكرة الأرضية , و قد كان القمر سيريوس Sirius يمثل الجيل الأول من هذا النمط من الأقمار الصناعية حيث كان مداره مائلاً بدرجة 120 درجة , وقد تمت هندسة هذه الأقمار بحيث يتمكن مستخدموها من الاستفادة من خدماتها من خلال نوافذ منازلهم .
وقد أمنت منظومة " سيريوس " تغطيةً كاملة للولايات المتحدة باستخدام ثلاثة أقمارٍ صناعية منحرفة بمقدار 60 درجة .
و تعتمد كثير من أنظمة الإتصال على المرددات الأرضية repeaters التي تقوم بتلقي الإشارة من الأقمار الصناعية و من ثم تقوم بترديدها و تتميز الإشارة الصادرة عن المرددات الأرضية بأنها أشد قوة من الإشارة الصادرة عن الأقمار الصناعية .
إن كلاً من الضوء و موجات الميكروويف ليسا سوى طاقة كهرومغنطيسية و تقاس قدرة الميكروويف بوحدة " الوات " watts وهي ذاتها وحدة القياس التي تقاس بها القدرة الكهربائية , ولكن النقصان و الزيادة التي تطرأ على هذه القدرة تقاس بوحدة قياس (الديسيبل) Decibel و اختصارها (dB) .

أدى نجاح تقنيات الاتصال الفضائية إلى استبدال نظام إشارة مورس Morse code الذي كان معمولاً به في السفن بانظمة إنمار سات Inmarsat الفضائية , كما حل البث التلفزيوني الفضائي محل البث التلفزيوني المحلي VHF في كثيرٍ من المواقع و قد بدأ البث الفضائي التلفزيوني منذ العام 1980 باكتساح أنظمة البث التلفزيوني المحلي ففي ذلك العام كان هنالك الملايين من متابعي البث الفضائي التلفزيوني العامل وفق النظام : سي باند C-band في أمريكا الشمالية , وفي أيامنا هذه قل انتشار نظام البث التلفزيوني الفضائي سي باند في أوروبا و أمريكا ولكن هذا النظام مازال منتشراً بشكلٍ واسعٍ في المناطق الاستوائية لضروراتٍ تقنية قد يكون منها مقدرة نظام البث هذا على مقاومة عامل التخميد الناتج عن الأمطار .

تدور الأقمار الصناعية من النمط (جيو) GEO في مداراتٍ ثابتة ذات دورانٍ متزامنٍ مع دوران الكرة الأرضية , ويمكن لقمرٍ واحدٍ من أقمار المدارات الثابتة هذه أن يغطي ثلث مساحة الكرة الأرضية تقريباً باستثناء القطبين .

أما في حال الأقمار الصناعية التي تتوضع على مداراتٍ أقل ارتفاعاً مثل أقمار المدارات المنخفضة (ليو) Low earth orbit LEO وأقمار المدارات المتوسطة الارتفاع (ميو Medium earth(orbit – MEO فإننا نحتاج إلى وجود أكثر من قمرٍ صناعيٍ واحد حتى نغطي المساحة ذاتها التي يغطيها قمرٌ صناعيٌ واحدٌ من أقمار المدارات الثابتة المتزامنة مع الأرض GEO .

♥ كلما ارتفع مدار القمر الصناعي ازدادت مساحة الأرض التي يغطيها بخدماته وكلما انخفض مداره قلت مساحة الأرض التي يشملها بتغطيته .
وبالمقابل فإنه كلما بعد القمر الصناعي عن الأرض ازدادت مدة تأخير إشارته أي ازداد الزمن الذي تتطلبه الإشارة حتى تنتقل بينه و بين الأرض .

وبالرغم من أن إشارة الميكروويف الخاصة بالأقمار الصناعية تنتقل بسرعة الضوء فإن هذا التأخير يكون ملحوظاً في في كلٍ من أقمار المدارات المتوسطة MEO و أقمار المدارات البعيدة GEO حيث
تتوضع أقمار المدارات المنخفضة LEO على ارتفاعٍ يتراوح بين 500 و 900 كيلومتر , أما أقمار المدارات المتوسطة MEO فإنها تتوضع على ارتفاعاتٍ تتراوح بين 5000 و 12000 كيلومتر , و أما أقمار المدارات البعيدة الثابتة المتزامنة مع دوران الكرة الأرضية GEO فإنها تتوضع على ارتفاع 36000 كيلومتر , لذلك فإننا نحتاج إلى عدة أقمارٍ من أقمار المدارات المتوسطة MEO و المنخفضة LEO حتى تؤمن التغطية التي يؤمنها قمرٌ متزامنٌ واحد GEO وحتى تؤمن استمرارية الخدمة .
ومن الممكن أن تكون مدارات الأقمار الثابتة GEO دائريةً تماماً ومن الممكن أن تكون إهليليجية (بيضاوية) Elliptical و تتوضع مدارات الأقمار الثابتة هذه فوق خط الإستواء و تتطلب أربعةً و عشرين ساعةً حتى تتم دورةً كاملةً حول الكرة الأرضية , أي أن دورانها متزامنٌ مع دوران الأرض و بالتالي فإنها تؤمن تغطيةً مستمرةً على مدار الساعة لمواقع الخدمة , وكما ذكرت سابقاً فإن مدارات الأقمار الثابتة غالباً ما تكون دائريةً تماماً و ليست إهليليجية أو منحرفة inclined , وتدعى هذه المدارات بمدارات

الأربعة و العشرين ساعة 24-hour orbits .
ويشكل القمر الصناعي " أورب كوم" Orb com حالةً خاصةٍ من حيث الترددات التي يعمل عليها حيث أنه يعمل على النطاق VHF بينما تعمل الأقمار الصناعية الأخرى على موجات ميكروويف MICROWAVE ذات تردداتٍ أعلى إذ يتراوح مجال الترددات التي تعمل عليها تلك الأقمار بين 1 و 80 غيغاهرتز GHZ , وكما تعلمون
فإن موجات الميكروويف تنتقل في خطوطٍ مستقيمة وفق ما يدعى بخط النظر LINE-OF-SIGHT , أي أنه يتوجب ألا يوجد أي عائقٍ بين القمر الصناعي و بين هوائي الإستقبال , وعلينا أن ندرك أن الاختلاف بين نطاقٍ ترددي آخر هو اختلاف كمي وليس اختلافاً نوعياً حيث أن ما يميز نطاق ترددي عن آخر هو مدى ارتفاع و انخفاض ترددات هذا النطاق حيث يحتل كل نطاقٍ ترددي مجالاً معيناً من الترددات و هي على الشكل التالي :

□
□ النطاق الترددي إل باند L-band تتراوح تردداته بين 1.5 و 1.65 غيغا هرتز GHZ .
□
□ النطاق الترددي إس باند S-band تتراوح تردداته بين 2.4 و 2.8 غيغا هرتز GHZ .
□
□ النطاق الترددي سي باند C-band تتراوح تردداته بين 3.4 و 7.0 غيغا هرتز GHZ .
□
□ النطاق الترددي إكس باند X-band تتراوح تردداته بين 7.9 و 9.0 غيغا هرتز GHZ. (نطاق خاص بأقمار التجسس و العمليات الحربية)
□
□ النطاق الترددي كيو باند Ku-band تتراوح تردداته بين 10.7و 15.0 غيغا هرتز GHZ.
□
□ النطاق الترددي كا باند Ka-band تتراوح تردداته بين 18.0 و 31.0 غيغا هرتز GHZ .
□
□ النطاق الترددي كيو باند Q-band تتراوح تردداته بين 40 و 50 غيغا هرتز GHZ
□
□ النطاق الترددي في باند V-BAND تتراوح تردداته بين 60 و 80 غيغا هرتز GHZ

وهنالك محاولاتٌ تجري اليوم لاستخدام أشعة ليزر كوسيط لنقل البيانات و لكن استخدام هذه الأشعة ما زال مقتصراً على نقل البيانات فيما بين الأقمار الصناعية عن طريق ما يدعى بالوصلات الفضائية البينية Intersatellite links أو الوصلات الفضائية المتقاطعة cross links وهي الوصلات التي تمكن الأقمار الصناعية من التواصل مع بعضها البعض بشكلٍ مباشر .

للبث الفضائي ثلاثة أشكالٍ وهي :

-
- الاتصال من نقطة إلى نقطة point-to-point ميش (mesh) الشبكة .
-
- الاتصال من نقطة واحدة إلى عدة نقاط point –to – multipoint اتصال البث broadcast
-
- بث النقاط المتعددة التفاعلي multipoint interactive الانترنت الفضائي VSAT في سات

.
إن المحطات الأرضية EARTH STATIONS و التي تدعى كذلك باسم teleports تستخدم خدمة الإتصال من نقطة إلى نقطة حتى تتواصل مع الأقمار الصناعية .
أما خدمة البث من نقطة إلى عدة نقاط فتستخدم في خدمة البث التلفزيوني الفضائي حيث تدعى كل محطةٍ أرضيةٍ (كأجهزة الريسيفر المنزلية مثلاً) بطرفٍ مستقبل فقط receive-only terminal و أفضل من يقدم هذه الخدمة هو أقمار المدارات الثابتة المتزامنة GEO
وتمثل خدمة " في سات " VSAT الأنترنت الفضائي التفاعلي ثنائي الاتجاه two-way الذي تقدمه الأقمار الصناعية بث النقاط المتعددة التفاعلي
.
ومن ناحية التكلفة فإن الأنترنت الفضائي أصبح أقل تكلفةً و خصوصاً بعد انتشار محطات " في سات" المنخفضة التكلفة LOW-COST VSAT المنزلية و انخفاض ثمنها بشكلٍ دراماتيكي منذ العام 2002 , فقد كان سعر المحطة المنزلية الواحدة عشرة آلاف دولار في العام 1995 ثم انخفض إلى ألف و خمسمائة دولار في العام 2003 .

يؤمن النطاقين الترددييين إل باند و إس باند S-band عرض حزمة bandwidth لايزيد عن مئة ميغاهرتز 100MHZ ولكن إشارة هذين النطاقين الترددييين تمتاز بمقدرتها على الالتفاف على العقبات و تمتلك كذلك المقدرة على النفاذ عبر العقبات غير المعدنية .

لقد كانت الإشارة ترسل في الماضي بشكلها التماثلي ANALOG و ذلك باستخدام تقنية تعديل التردد ف إم FM / frequency modulation , أما اليوم فيستخدم البث الرقمي الأعلى جودةً و الأكثر قابليةً للضغط , وقد مكنت التقنيات الحديثة من تخفيض تكلفة القناة الفضائية التلفزيونية الواحدة من مليون و نصف مليون دولار سنوياً إلى 250 ألف دولار سنوياً أو أقل من ذلك , و بالرغم من التحول من نظام البث التماثلي analog إلى النظام الرقمي فإن المقاييس التماثلية في البث مثل بال PAL و سيكام SECAM و إن تي إس سي NTSC ما زالت سائدةً في الدول النامية , و لكن مقاييس البث الرقمي قد بدأت منذ سنواتٍ بالانتشار في الدول الغنية كنظام التلفزيون عالي التمييز High-Definition HD آش دي .
لقد بدأت كثير من الشركات المزودة لخدمة الأنترنت الفضائية بتقديم خدمات الأنترنت على شكلٍ لاسلكي و فق النموذج IEEE 802.116 و الذي يعرف بإسم (واي فاي) Wi – Fi على اعتبار أن معظم أجهزة اللابتوب و التابليت (الكومبيوتر اللوحي) و أجهزة الاتصال المحمولة تحوي مودم (واي فاي) Wi-Fi مدمج .
و بالنسبة للأنترنت الفضائي فإن الأقمار الصناعية من فئة MHZ-36 ميغاهرتز) السائدة في تظامي البث : سي باند و كيو باند تستطيع أن تؤمن حزمة بيانات يبلغ عرضها MBPS 80 (80 ميغا بايت في الثانية) و هذه الحزم مناسبةٌ للتطبيقات التي تتطلب حزمةً عريضة Wideband كتطبيقات الوسائط المتعددة (الملتيميديا multimedia (كالبث المرئي مثلاً .
و بخلاف خدمات الأنترنت الأرضية التي تقل سرعتها كلما ازداد عدد مستخدميها فإن الأنترنت الفضائية كخدمة " في سات " VSAT مثلاً لاتعاني من هذه المشكلة لأنها لا تعتمد في تقديم خدمتها على الشبكات السلكية , وعلى سبيل المثال فإن دارةً هاتفية يبلغ عرض حزمتها 48kbps أي 48 كيلو بايت في الثانية تتطلب 0.5 ثانية أي 500 ms ميلي ثانية حتى تنقل رزمة بياناتٍ block حجمها 3000 بايت bytes
,
, ويتم حساب هذا الأمر بتقسيم عدد البيتات bits على معدل البيانات data rate مقاساً بوحدة البت bit في الثانية
, و يضاف إلى ذلك خمسين ميلي ثانية 50ms بتأثير PSTN الأرضي مما يؤدي إلى حدوث تأخيرٍ مقداره 550ms ميلي ثانية و يمكن لنا أن نلمس هذا التأخير عندما نستخدم للوصول إلى الأنترنت مودم طلبٍ هاتفي dial-up modem .
أما بالنسبة لأقمار المدارات الثابتة GEO و التي تمتاز بمداراتها البعيدة عن الأرض فإن هنالك زمن تأخيرٍ قدره 760ms ميلي ثانية أي ضعف زمن التأخير في الوصلات الأرضية .
و تتضمن خدمات الأنترنت الفضائية وصلاتٍ ثنائية الاتجاه bidirectional صاعدةً و هابطة ذات معدل نقل بياناتٍ يتراوح بين 265kbps كيلوبايت في الثانية و بين 155 Mbps ميغابايت في الثانية , كما تؤمن شركاتٌ متجاوزةٌ للكيانات السياسية مثل الثريا Thuraya و إنمارسات 4 Inmarsat خدمات الجيل الثالث 3G للأجهزة المحمولة .

علينا الانتباه عند استخدام خدمات الأنترنت التي تحسب على أساس حجم الاستهلاك و ليس على أساس زمن الاستهلاك كما هي حال الأنترنت الفضائي و خدمات الجيل الثالث 3 G و الجيل الرابع 4 G حيث أن بعض البرامج الخبيثة تقوم بسرقة مقدارٍ كبير من الرصيد على شكل تحديثاتٍ و تقارير و مقدار هذه السرقة في الخدمات ذات السرعات العالية يصل إلى مستوياتٍ لا يمكن السكوت عنها فهذه البرامج الخبيثة تستهلك أضعاف الكمية التي يستهلكها المشترك و تتصرف بطريقة لا أحد يعلم مغزاها فأحياناً يستخدم جهاز الشخص دون علمه من قبل جهاتٍ مشبوهة ليكون هذا الجهاز وسيطاً مغفلاً لتنفيذ عملياتٍ غير مشروعة على الأنترنت , لذلك يتوجب علينا الحذر من أي برنامج يستخدم الأنترنت دون علمنا و بالرغم منا و منع هذا الأمر من الحدوث يتطلب منا تنصيب جدار نارٍ قوي على الجهاز .
و أفضل جدران النار Firewall هي تلك التي تضمن و بشكلٍ نهائي و بات منع أي برنامجٍ من الاتصال بالأنترنت دون علمنا أو بالرغم منا و تضمن أن يكون السماح لأي برنامج بالاتصال بالأنترنت في أيدينا بشكلٍ تام و جدار النار الجيد يجب ألا يضطرنا إلى إيقاف اتصال هذه البرامج بالأنترنت بشكلٍ يدوي متكررٍ و مثيرٍ للأعصاب فأمر منع أي برنامج من الاتصال يجب أن يعطى لمرةٍ واحدة و أن ينفذ بشكلٍ دائم .
من البرامج الرائعة التي تكشف البرامج التي تستهلك موارد الجهاز برنامج AVG PC Tune up و ذلك من قائمة استخدام الموارد Resource Usage .
إن هذا البرنامج لا يُمكننا فقط من معرفة البرامج التي تستنفذ موارد الجهاز بل إنه يمكننا كذلك من إسكاتها و ذلك من الخيار السفلي (شاهد التفاصيل) View Detail حيث يظهر هذا الخيار لنا تفاصيل العمليات الجارية و بإمكاننا من خلال تفعيل تلك العملية و النقر بزر الفأرة الأيمن على الخيار (اقتل العملية)
Kill processأن نقتل تلك العملية التي تستنفذ موارد الجهاز حتى إعادة تشغيل الجهاز مرةً ثانية.

كما يتوجب علينا أن ننصب برامج لقياس سرعة الاتصال بالأنترنت كبرنامج (الدو ميتار) DU Meter ذلك أن هذا البرنامج يبين لنا وجود استهلاكٍ غير طبيعي كما أنه يعطينا إشارةً صوتية كلما تجاوز الاستهلاك حداً معيناً خلال مدةٍ محددة و ذلك من تبويبة Colors and sounds
Colors and sounds الألوان والأصوات حيث يتوجب أن نفعل خيار play a sound each time : أصدر صوتاً كلما تجاوز

الاستهلاك حداً معيناً و من ثم أن نحدد حجم ذلك الاستهلاك بالميغا بايت MB .
ومن الترويسة DISPLAY MODE (شكل العرض) في برنامج الدو ميتار نختار TEXT ONLY (نص فقط) حيث يظهر هذا الخيار الاستهلاك الصاعد و الهابط على شكل أرقامٍ واضحة وليس على شكل خطوطٍ بيانيةٍ مبهمة .
الترويسة total and reports الاستهلاك الكلي و التقارير تظهر لنا الاستهلاك الكلي للأنترنت في فترةٍ معينة و يمكننا أن نصفر العداد أي أن نعيد تبدئة العداد من نقطة الصفر من خلال الخيار reset counter (إعادة تبدئة العداد) أو تصفير العداد .
الترويسة short period alert إنذار الفترة القصيرة يُعلمنا هذا الخيار بأن الاستهلاك قد تجاوز حداً معيناً و يمكن أن نضع عنوان البريد الكتروني email الخاص بنا ليرسل لنا تقارير عن استهلاك الانترنت في حال كان هنالك أشخاص يستخدمون جهازنا .
من الترويسة general خيارات عامة نحدد وحدة قياس سرعة الاتصال و معدل تدفق البيانات بوحدة البايت Bytes per seconds بايت في الثانية , لأن التعامل مع وحدة القياس هذه أسهل و أكثر عمليةً من التعامل مع وحدة البت bit .
من الترويسة traffic monitor windows نافذة عرض حركة البيانات , البند Display mode شكل الإظهار , نختار Numeric display : إظهار رقمي ليظهر لنا معدل تدفق البيانات على شكلٍ رقمي .
من الترويسة short period alert إنذار المدة القصيرة , نفعل الخيار alert me when أنذرني عندما يتجاوز الاستهلاك حداً معيناً تقوم أنت بتحديده و هنالك عدة أشكال للإنذار منها إن يقوم الرنامج بإرسال بريدٍ ألكتروني يعلمك بحدوث هذا الأمر و منها أن يقطع البرنامج اتصال الأنترنت عن الجهاز .
وكذلك هي الحال مع الترويسة long period alert إنذار المدى البعيد حيث يتيح لنا هذا عدة خيارات عندما يتجاوز الاستهلاك حداً معيناً منها :
Display notification message
Display notification message أظهر رسالة تنبيه
Send email
Send email أرسل بريداً ألكترونياً
Terminate all dial up and VPN Connection
Terminate all dial up and VPN Connection قم بإنهاء كافة إتصالات الطلب الهاتفي و اتصالات VPN . الشبكة الافتراضية الشخصية.
Block all incoming and outgoing network connections
Block all incoming and outgoing network connections قم بإغلاق كافة الإتصالات الواردة إلى الجهاز و الصادرة عنه .
Shut the computer down
Shut the computer down أطفئ الكومبيوتر .
ومن الخيار E-mail notification التنبيه عن طريق البريد الألكتروني نضع عنوان بريدنا الألكتروني و نضع اسم مستخدم و كلمة سر خاصة بنا .
■ برنامج الدو ميتار DU meter هو من البرامج الحساسة جداً للفيروسات و عندما لا يعمل هذا البرنامج بشكل طبيعي فهذا يعني غالباً بأن هنالك فيروس ما على الجهاز .
وهنالك برنامج محدد الشبكة – النت ليمتر Net limiter الذي يظهر لنا البرامج التي تتصل بالأنترنت من دون رغبتنا و لكن هذا البرنامج لايمتلك القوة لمنع هذه البرامج من الاتصال بالأنترنت بشكلٍ دائم .
وعلينا أن نعلم بأن البرامج و البرمجيات التي تتصل بالأنترنت بشكلٍ خفي و بالرغم منا هي برامج شديدة الخبث حيث أنها تنشط عندما تنشط حركة المتصفح أو حركة برامج التحميل و تدخل في حالة خمول و كمون عندما يكون المتصفح في حالة كمون حتى لا نلحظ نشاطها و حتى نعتقد بأن استهلاك هذه البرامج هو جزءٌ من استهلاك المتصفح .
وعلينا عدم استخدام المتصفحات التي تحوي الإضافات غير الهامة مثل أشرطة حالة الطقس و أشرطة الراديو لأنها تستهلك الانترنت من وراء ظهرنا .
كما أن منع المتصفح من القيام بتحميل و عرض الصور بشكلٍ آلي يساعد على تخفيض استهلاك الأنترنت وهنالك متصفح مثالي لغرضنا هذا و هو متصفح أوبرا OPERA القديم (الإصدار 9.64) حيث يحوي هذا المتصفح إيقونة سفلية تجعلنا نحدد متى يجب منع عرض الصور ومتى يسمح بعرضها , وعلى أجهزة الهاتف المحمول فإن متصفحات الأوبرا و اليو سي هي الأكثر اقتصادية و توفيراً في النفقات .

لقد بدأت تقنيات موجات الميكروويف تتسارع بعد الحرب العالمية الثانية حيث كانت موجات الميكروويف MICROWAVE هذه تستخدم في الرادارات RADAR و الاتصالات العسكرية .
إن التخميد الذي تتعرض له إشارة البث الفضائي يخضع للقانون القائل بأن الاستطاعة التي يتم استقبالها تتناسب بشكلٍ عكسي inversely proportional مع مربع المسافة the square of the distance , وينطبق هذا القانون الفيزيائي على كمية الضوء التي تصل إلى أعيننا من نقطةٍ بعيدةٍ كضوء النجوم و مصابيح السيارات , وتخضع إشارات البث لأشكالٍ كثيرةٍ من الضياع و التخميد الناتج عن الأمطار و امتصاص الأشجار و الجدران للإشارة .

ويرتاح العاملون في مجال الاتصالات لاستخدام وحدة الديسيبل (decibel (dB لقياس ضجيج الإشارة وذلك لأن أي استطاعة يعبر عنها بالوات watt يمكن تحويلها إلى ديسيبل وهذا يستدعي استخدام خوارزمية (لوغاريتم) logarithm الأساس عشرة كالآتي :

log (p2/p1) 10

log (p2/p1) 10

حيث p1 هو الإشارة الداخلة إلى الجهاز , و p2 هو الإشارة الخارجة من الجهاز .

فإذا كان الدخل عشرة و كان الخرج واحداً فإن النسبة تكون بينهما 0.10. و تكون القيمة بالديسيبل.10 dB

10 ديسيبل .

فإذا تضاعفت قوة المرسل فهذا يعني بأنها قد ازدادت بمقدار 3dB أي ثلاثة ديسيبل .

وإذا كان قمرٌ صناعيٌ ما يرسل إشارةً مقدار قوتها مئة وات 100watts و أردنا أن نضاعف قوة إشارة هذا القمر الصناعي لتبلغ 200w مئتي وات فهذا يعني بأنه يتوجب علينا أن نجد طريقةً لزيادة قوة البث بمعدل ثلاثة ديسيبل 3dB .

تذكر دائماً بأنه

إذا تضاعفت قوة المرسل فهذا يعني بأنها قد ازدادت بمقدار 3dB أي ثلاثة ديسيبل .

وإذا رغبنا في مضاعفة قوة البث لتصل إلى ألفي وات 2000w أي إذا رغبنا في مضاعفة قوة البث عشر مرات فإن علينا أن نضيف زيادةً قدرها عشرة ديسيبل 10dB .

إن الإشارة التي تصل إلى القمر الصناعي من الأرض و يبلغ ترددها ستة غيغاهرتز 6GHZ تمثل 1/1020 من قوة البث وهذا الضياع في قوة الإشارة يدعى بضياعات العبور Path loss وهي بحدود مئتي ديسيبل 200dB .

ويجب أن نضع إشارة سالبة (-) أمام القيمة التي تمثل ضياعات الإشارة , ومن الممكن في بعض الحالات أن نعبر عن فاقد الإشارة بقيمةٍ موجبة ليتم طرحها من قوة الإشارة .

♥ الصادع (المفرق) السبليتر splitter و الدايسك Diseqc :

إن كلاً من السبليتر (المفرق) و الدايسك عبارة عن دارتين كهربائيتين صغيرتي الحجم و منخفضتي الثمن توضعان بين إبرة الإستقبال و بين الريسيفر و لكن هاتين الدارتين تؤديان مهمتين مختلفتين تماماً عن بعضهما البعض ووجه الاختلاف بينهما كالآتي :

□

□ المفرق splitter يأخذ الإشارة من إبرةٍ واحدة و يفرقها إلى جزئين , فإذا كانت لدينا إبرة استقبالٍ واحدة و كان لدينا جهازي ريسيفر و أردنا تغذية هذين الجهازين من إبرةٍ واحدة فإننا نصل الإبرة بالسبليتر و نأخذ وصلتين من السبليتر فيعمل هذين الجهازين على إشارة إبرةٍ واحدة , و لكن أداء المفرقات قد يتباين من نوعيةٍ لأخرى فبعض المفرقات لا يمكن أن تسمح لأحد الريسيفرات بأن يشغل قناةً فضائيةً ذات استقطابٍ أفقي و أن تسمح للريسيفر الثاني بأن يشغل قناة ذات استقطابٍ عمودي في الوقت ذاته .

□

□ الدايسك Diseqc : يستخدم الدايسك عندما تكون لدينا عدة إبر استقبال و يكون لدينا جهاز ريسيفر واحد حيث يقوم هذا الدايسك بمزج الإشارات الآتية من تلك الإبر مع بعضها البعض ومن ثم يقوم بإرسالها إلى الريسيفر و كأنها إشارةٌ واحدة آتيةٌ من إبرةٍ واحدة , ولكن تشغيل الدايسك يتطلب منا أن نمكن استخدام هذا الدايسك من برمجة الريسيفر .

تتعرض إشارة الميكروويف للامتصاص الناجم عن الهواء و بخار الماء و يمكن تجاهل ضياعات الإشارة هذه في الترددات الأعلى من 15GHZ غيغاهرتز , كما تتعرض الإشارة للإنحناء الإنكساري REFRACTIVE BENDING , كما تتعرض كذلك للتقلب السريع لاستطاعة الحامل (الوميض scintillation (في زوايا الارتفاع المنخفضة (الزاوية بين المحطة الأرضية و القمر الصناعي) , و يعتبر هذا الوميض شكلاً من أشكال التخميد ATTENUATION الذي تتعرض له إشارة الميكروويف وينجم عن امتزاج الإشارة الآتية بشكلٍ مباشر مع الإشارة المنكسرة refracted في هوائي الاستقبال.

التخميد الناجم عن الأمطار rain attenuation

يزداد تأثير تخميد الأمطار على موجات الميكروويف كلما ارتفع تردد هذه الموجات و لذلك فإن نظامي البث : كيو باند ku-band و كا باند Ka-band يتعرضان لقدرٍ أكبر من تخميد الأمطار من القدر الذي يتعرض له نظام البث سي باند. C-band ,

كما تنتج الأمطار وميضاً scintillation وذلك بسبب تشتت الموجات الكهرومغناطيسية بقطرات المطر كما أن قطرات المطر تشع ضجيجاً حرارياً thermal noise

التأثيرات الأيونوسفيرية Ionospheric : تقوم حقول فارادي Faraday بتدوير و لَي موجات الميكروويف ذات الاستقطاب الخطي linear polarization (الأفقية و العمودية) و يكون هذا التأثير أكثر وضوحاً في نظامي البث S-band إس باند و L-band إل باند و سي باند C-band ,حيث يكون تأثير حقول فاراداي على أشده خلال نشاط البقعة الشمسية Sunspot وهذا العامل يكون غير ملحوظاً في نظامي البث كيو باند و كاباند .

□
□ البقعة الشمسية Sunspot : بقعة داكنة صغيرة تظهر على سطح الشمس ولا يمكن مشاهدتها إلا بالتيليسكوب .
الوميض الأيونوسفيري Ionosphere scintillation : و هذا الوميض الأيونوسفيري يكون واضحاً في المناطق الاستوائية و بشكلٍ خاص على طول خط الاستواء الجيومغناطيسي Geomagnetic equator ,وكما هو حال عامل (تدوير فاراداي) Faraday rotation فإن هذا الشكل من أشكال التشويش يتضائل كلما ازداد التردد , لذلك فإنه يكون أكثر وضوحاً في الترددات المنخفضة مثل إل – باند L-band و س باند S-band و سي باند C-band .
و عند الترددات الأكثر ارتفاعاً من 7GHZ غيغاهرتز فإن الأمطار تتسبب في حدوث ضياعاتٍ ملحوظة وخصوصاً في الأماكن المعرضة للعواصف الرعدية THUNDERSTORM وخصوصاً في المناطق الاستوائية و يكون تأثيرها أشد في النطاق كيوباند و النطاقات ذات التردد الأعلى .

إن تحسين استقبال الإشارة الفضائية يتم إما بزيادة الكسب gain أو بمضائلة الضجيج الحراري noise temperature .
يتم حساب ميزانية دخل و خرج الإشارة باستخدام برامج مثل برنامج ميكروسوفت إكسل Microsoft Excel الموجود في حزمة أوفيس أو برنامج لوتس Lotus 1-2-3 , وهنالك برامج متخصصة في إدارة ميزانية الإشارة الداخلة و الخارجة مثل برنامج : سات ماستر SatMaster من شركة " آرو للخدمات التقنية" Arrowe Technical Services .
وتبقى الضياعات الناشئة عن عبور إشارة الميكروويف في الفضاء الضياعات الأكبر فقد تصل هذه الضياعات إلى ما بين 180 و 210 ديسبل dB في الترددات التي تراوح بين 1 و GHZ 30 غيغاهرتز في الأقمار الصناعية ذات المدارات الثابتة و الدوران المتزامن مع دوران الأرض GEO

وقبل استخدام البرامج الكومبيوترية كان يتم حساب ضياعات الإشارة من نقطة ما تحت القمر الصناعي subsatellite point وهذه الحسابات تتطلب منا معرفة زاوية الارتفاع من الأرض باتجاه القمر الصناعي , وعلى سبيل المثال فإن زاوية ارتفاع elevation angle لقمر التيليستار في Telestar V من مدينة لوس أنجلوس الأمريكية هي 30 درجة تقريباً (الزاوية الافتراضية التي تقع عند التقاء الخط الوهمي الواصل من القمر الصناعي تيليستار مع أرض لوس أنجلوس .
إن موجات الميكروويف تتعرض للامتصاص عند مرورها في الفضاء حيث يزداد الضياع في الإشارة كلما قلت زاوية الارتفاع بين المحطة الأرضية و القمر الصناعي .
□ لماذا ؟
لأنه كلما قلت زاوية الارتفاع بين المحطة الأرضية و القمر الصناعي كلما ازدادت المسافة و ازدادت كمية الهواء التي يتوجب على الإشارة أن تعبر من خلالها .
كما تزداد الضياعات كلما ازداد محتوى الرطوبة في الهواء و أعني هنا الأمطار بشكلٍ خاص .
إن ضياعات الكبل وضياعات موجه الموجة WAVEGUIDE التي تقع بين الهوائي و المضخم ذو الضجيج المنخفض low-noise- amplifier LNA أو محول الكتلة ذو الضجيج المنخفض (الإبرة) low – noise block converter LNB تضائل من الإشارة المستقبلة و تزيد من الضجيج بذات النسبة وهذه الضياعات تعادل تقريباً 0.5dB

أما الضياعات التي تقع في الكبل المحوري الذي يصل بين إبرة الاستقبال LNB وبين جهاز الاستقبال فإنها لاتؤثر على أداء جهاز الريسيفر .
□
□ لماذا ؟
لأن هذه الضياعات تقع بعد أن يصبح كسب الإشارة أكبر من 50dB خمسين ديسيبل بعد مرورها في مرحلة التضخيم وذلك بعد مرورها في المضخم الأولي المنخفض الضجيج low noise preamplifier -LNP –حيث تقوم إبرة الاستقبال LNB بتضخيم الإشارة إلى درجةٍ لاتؤثر فيها ضياعات الكبل المحوري الذي يصل بين الإبرة و الريسيفر .

ويتم تصنيف أداء إبر الاستقبال وفقاً لحرارة الضجيج noise temperature الخاص بكل إبرة , و غالباً ما يكون ضجيج الإبرة بين 20k أي عشرين كالفن kelven و 75 k كالفن في نظام البث سي باند C-band .
□
□ يبدأ مقياس كالفن عند درجة الصفر المطلق absolute zero وهي درجة الحرارة التي تكون فيها طاقة الألكترونات الحركية electron kinetic معدومة ومساوية للصفر و بالتالي يكون الضجيج معدوماً على اعتبار أن كلاً من الضجيج و الحرارة ما هما إلا حركةً عشوائية للألكترونات .
يقوم هوائي الاستقبال الفضائي بالتقاط الضجيج الخلفي background noise من الفضاء الخارجي ومن التضاريس الطبيعية المحيطة وبذلك فإنه يضيف 40k أربعين كالفن من الضجيج إلى نظام البث سي باند أي ما يعادل 25MHZ ميغاهرتز في تقنية (تحويل الطور الرباعي القطع) quaternary phase shift keying
الكيو بي إس كي QPSK وهي تعادل رمزاً نسبياً Symbol rate S/R قدره 20Msps لأن الكيو بي إس كي تقوم بنقل 2 بت bits في كل رمز .
تتراوح قوة الإشارة التي تصل إلى الأرض في نظامي البث كيوباند و سي باند بين صفر و خمسة ديسيبل وات في المتر المربع الواحد 5dBw/m2

و يؤمن مضخم الاستطاعة العالية (مضخم البث) في المحطات الأرضية استطاعةً قدرها 850W وات , وهي استطاعةٌ كافية للتواصل مع الأقمار الصناعية على مستوىً تجاري أي على مستويٍ يؤمن تدفق بيانات وفق حزمةٍ عريضة .
و تقع خسارة الإشارة بشكلٍ خاص في موجه الموجة WAVEGUIDE وهو عبارة عن أنبوبٍ يحدد بشكل ميكانيكي استقطاب الإشارة عند بثها , وتكون الضياعات الواقعة عند ترددٍ قدره 6GHZ أعلى من الضياعات الواقعة عند ترددٍ أدنى و لنقل مثلاً 4GHZ

و يتعرض نظام البث سي باند C-band لتشويشٍ و تداخل من شبكات الاتصال الأرضية حيث أن كثيراً من شبكات الاتصال الأرضية تستخدم هذا الشكل من أشكال البث .
يستخدم نظام النفاذ المتعدد Multiple Access System للسماح لأكثر من محطةٍ واحدة بأن تتشارك في الوقت ذاته على ترددٍ واحد في قمرٍ صناعيٍ ما و أن تتعامل معه في الوقت ذاته , وبعض أنظمة المشاركة في التردد لا تعتبر أنظمة نفاذٍ متعددٍ بمعنى الكلمة و إنما تعتبر كتقنيات إعادة استخدام التردد frequency reuse وذلك من خلال ما يدعى بالاستقطاب المتقاطع cross polarization , حيث تمكننا هذه التقنيات من إعادة استخدام التردد الواحد مرةً ثانية وذلك بأن يكون هنالك مثلاً استقطابٌ أفقي و استقطابٌ عمودي للتردد ذاته فتستخدم إحدى الجهات الاستقطاب الأفقي و تستخدم الجهة الثانية الاستقطاب العمودي , ونحن نجد هذا الأمر في البث الفضائي التلفزيوني حيث نجد باقتي ترددات عاملتين على التردد ذاته ولكن إحداهما ذات استقطابٍ أفقي H و الثانية ذات استقطابٍ عمودي V .

تقوم المحطات الفضائية بتخزين سيل البيانات في ذاكرة تخزينٍ مخبئي مؤقت وبعد ذلك تقوم ببث سيل البيانات هذا إلى القمر الصناعي حسب مقدرتها على البث ويتم ذلك بعد تحويل البيانات إلى رزم و مزامنتها أي أن يتم بثها وفق إطارٍ زمنيٍ متناسبٍ بين المحطة الأرضية و القمر الصناعي حتى لا يحدث تراكبٌ للبيانات في القمر الصناعي .

إن عملية المزامنة synchronization هذه تستدعي أن يتم وضع البيانات ضمن فجواتٍ زمنية time slots وهذه الفجوات الزمنية تتكرر وفق معدلٍ زمني ثابت .
ويمثل بروتوكول (ألوها) ALOHA تقنيةً زهيدة التكاليف لنقل البيانات عبر الشبكات و منع حدوث التراكب الزمني TIME OVERLAP أي اصطدام رزم البيانات مع بعضها البعض و تلفها جراء ذلك .

وباختصارٍ فإن عملية مزامنة البيانات تعني وضع هذه البيانات ضمن إطارٍ زمنيٍ قياسي تم التفاهم عليه بشكلٍ مسبق بحيث يمكن نقل هذه البيانات من جهازٍ لآخر دون أن تتعرض للتلف و الضياع و تتم هذه المزامنة بوضع البيانات ضمن فجواتٍ زمنيةٍ موجودة ضمن ذلك الإطارٍ الزمني .
بعد تلقي البيانات بشكلٍ صحيح يقوم بروتوكول (ألوها) بإرسال إقرارٍ (إشعار) إيجابي acknowledgement positive بتلقي هذه المعلومات من الطرف المرسل و في حال لم يتلقى الطرف المرسل للبيانات ذلك الإقرار خلال مدةٍ معينةٍ من الزمن فإنه يتوقف عن إرسال البيانات لفترةٍ من الزمن لمنع حدوث اصطدامٍ للبيانات collision ومن ثم يعيد إرسال تلك البيانات وهذه العملية تؤدي إلى وقوع زمن تأخير

وهنالك حيز وقايةٍ زمني guard time بين دفقات البيانات ويفيد هذا الحيز الزمني في تأمين تزامن البيانات .
ويعادل زمن التأخير time delay نصف الإطار الزمني frame time وهذا الإطار الزمني متناسبٌ مع عدد المحطات الأرضية التي تشترك في استخدام القناة ذاتها , حيث يتوجب على كل محطةٍ أرضية أن تنتظر دورها حتى تستعمل هذه القناة المشتركة .

يتراوح تردد موجات الميكروويف المستثمرة في مجال الاتصالات الفضائية بين 1 و 30GHZ غيغاهرتز وهنالك مبدأ يخص تردد موجات الميكرويف يجب ألا يغيب عنا أبداً فكلما انخفض تردد موجات الميكروويف كانت طريقة انتشارها و انتقالها أفضل , وكلما ارتفع تردد موجات الميكروويف هذه كان عرض الحزمة bandwidth فيها أكبر و بالتالي كانت قادرةً على نقل كميةٍ أكبر من البيانات .
كلما انخفض تردد موجات الميكروويف كانت طريقة انتشارها و انتقالها أفضل , وكلما ارتفع تردد موجات الميكروويف هذه كان عرض الحزمة bandwidth فيها أكبر و بالتالي كانت قادرةً على نقل كميةٍ أكبر من البيانات .

يؤمن النطاقين الترددييين إل باند L-band و إس باند S-band عمل الخدمات الفضائية المحمولة MSS الذي تعمل عليه شركاتٌ من أمثال : إنمار سات و الثريا حيث تؤمن هذه الخدمة التي تعمل على ترددات ميكروويف منخفضة نسبياً عرض حزمة bandwidth يتراوح بين 1 و 2.5 غيغاهرتز .
أما الأقمار الصناعية العاملة على النطاق UHF فإنها تستخدم في بثها استقطاباً دائرياً circular polarization- cp وذلك حتى تتجنب تأثيرات فارادي Faraday المغناطيسية حيث أن طبقة الغلاف المتأين (الأيونوسفير) ionosphere تقوم بتدوير و لي الموجات ذات الاستقطاب الخطي linear-polarization.

و يقصد بالموجة ذات الاستقطاب الخطي الموجة التي تتحرك في خطوط مستقيمة سواءً أكانت تلك الخطوط عمودية V أو أفقية H

ويتراوح تردد المجال UHF بين 300MHZ ميغاهرتز و 1GHZ غيغاهرتز.
غير أن كلاً من المجال UHF و المجال VHF و المجال FM هي مجالاتٌ ذات تردداتٍ منخفضة و بالتالي فإنها مجالاتٌ ذات عرض حزمةٍ ضيقة narrow bandwidth أي أنها لا تستطيع حمل الكثير من البيانات.
و بالنتيجة فإنها مجالاتٌ بطيئةٌ في نقل البيانات حيث لا تتجاوز سرعتها بضعة آلاف هرتز أي ما يعادل بضعة كيلوبايتات kilobytes في الثانية

لقد كان القمر الصناعي " تاسكات " Tascat أول قمرٍ صناعي يؤمن خدماتٍ صوتيةٍ ذات حزمةٍ ضيقة كخدمات الاتصال الهاتفي , أما القمر الصناعي أورب كوم Orb comm فقد كان و ربما ما يزال القمر الصناعي الأوحد الذي يعمل وفق المجال VHF وهذا القمر الصناعي هو من أقمار المدارات المنخفضة LEO .
□ طبقة (الغلاف المتأين) الأيونوسفير ionosphere : هي الطبقة التي تمكن من إنتشار الإشارة اللاسلكية حول الكرة الأرضية و تعتبر هذه الطبقة جزءاً من الغلاف الجوي للكرة الأرضية earth's atmosphere وتبدأ هذه الطبقة ابتداءً من بعد 50 كيلومتر عن سطح الكرة الأرضية و قد دعيت هذه الطبقة بهذا الاسم لأن الغازات الموجودة فيها هي غازاتٌ متأينة ionization وهذه الغازات المتأينة هي التي تساعد على انتشار موجات الميكروويف .

□ التأين ionize هو تحول المادة إلى أيونات ions والأيونات هي عبارة عن ذرة أو مجموعة من الذرات تغيرت شحنتها الأصلية (كانت سالبة و أصبحت موجبة أو كانت موجبة و أصبحت سالبة) وذلك بسبب فقداتها أو اكتسابها لإلكترونٍ electron واحدٍ أو أكثر
.
□
□ ميكائيل فارادي Faraday Michael 1791-1867 : عالم إنكليزي اكتشف العلاقة بين الكهرباء و الظواهر المغناطيسية magnetism

يشار إلى المجال الذي تتتراوح تردداته بين 1 و 2GHZ غيغاهرتز بالنطاق : إل باند L-band وقد استخدمت القوات البحرية الأمريكية هذا النطاق في اتصالاتها و ابتداءً من العام 1970 بدأ استثمار هذا المجال على شكلٍ تجاري و بدأ هذا النطاق يحل مكان الاتصالات ذات الترددات العالية (الغير فضائية) و إشارات مورس Morse code .

عندما بدأت شبكة إنمارسات Inmarsat في تقديم الخدمات الفضائية المحمولة MSS كانت هذه الخدمات في بداياتها تتطلب وجود هوائي قطره متر واحد موجهٌ بشكلٍ دقيق نحو القمر الصناعي , أما في أيامنا هذه فقد أصبحت هوائيات الأجهزة التي تقدم الخدمات الفضائية المحمولة صغيرةً جداً و لا تحتاج إلى أن يتم توجيهها نحو القمر الصناعي وهذا مانراه في هوائيات النطاق إل باند L-band و يحوي هوائي النطاق ل باند L-band على ملفٍ سلكي مؤلفٍ من سلكين حلزونيين bifilar helix و هذا النطاق يتم بثه وفق استقطابٍ دائري circular polarization
لماذا ؟

لأن حقول فارادي المغناطيسية تقوم بتدوير الاستقطاب الخطي في موجات الميكروويف ذات الترددات المنخفضة و بما أن هذا المجال هو مجالٌ ذو ترددٍ منخفض فإنه سيكون عرضةً لمؤثرات فارادي لذلك يتم بثه وفق استقطابٍ دائري حتى لا تؤثر فيه حقول فارادي المغناطيسية .

وبما أن النطاق إل باند L-band يمتاز بتردداته المنخفضة لذلك فإنه لا يتأثر بعامل تخميد الأمطار rain attenuation

غير أن طبقة الأيونوسفير (الغلاف المتأين) تتسبب في حدوث شكلٍ من أشكال التخميد يدعى بوميض الغلاف المتأين أو الوميض الأيونوسفيري ionospheric scintillation و ينتج هذا الشكل من أشكال الوميض عن انشطار إشارة التردد الراديوي RF إلى جزئين هما :
□ الإشارة التي تصل بشكلٍ مباشرٍ إلى جهاز الاستقبال .
□
□ الإشارة المنعكسة التي تصل إلى جهاز الاستقبال بشكلٍ غير مباشر بعد اصطدامها بالعوائق المختلفة .
حيث تنضم هاتين الإشارتين إلى بعضهما البعض بشكلٍ عشوائي في جهاز الاستقبال و يكون هذا الشكل من أشكال الوميض ملحوظاً في المناطق الاستوائية في أوقات الاعتدال Equinoxes أو الاستواء التي يتساوى فيها طول النهار مع طول الليل .
هنالك اعتدالٌ ربيعي يحدث في 21 مارس (آذار) و الاعتدال الخريفي الذي يحدث في 23 سبتمبر (أيلول) .

إن كلاً من وميض الغلاف المتأين و دوران فارادي Faraday rotation المسبب لاستدارة الاستقطاب الخطي يتضائلان كلما ارتفع التردد إلى درجةٍ يصبح فيها تأثيرهما شبه معدوم في النطاق الترددي كيوباند Ku-band و النطاقات الترددية ذات الترددات الأعلى .

وبما أن ترددات النطاق الترددي كيوباند Ku-bandهي أعلى من ترددات النطاق الترددي سي باند C-band وبما أن خدمات الأنترنت الفضائي المنزلي في سات VSAT و خدمات تقنية DTH تعتمد في عملها على هذا التردد فإنها تكون أكثر عرضةً لعامل التخميد بفعل الأمطار rain attenuationولكن من الممكن التقليل من تأثيرات هذا العامل بزيادة قوة البث و تحسين شكل تضمين البيانات في الموجة الحاملة modulation (التعديل) و تحسين عامل التصحيح المسبق للخطأ forward error correction

النطاق الترددي كا باند Ka-band
يتوفر لهذا النطاق 2 غيغا هرتز GHz مخصصة للوصلة الصاعدة uplink و الوصلة الهابطة downlink و هنالك من هذا الطيف الترددي المخصص لهذا النطاق 500 MHz ميغا هرتز مخصصة للأقمار الصناعية ذات المدارات المنخفضة و غير المتزامنة مع دوران الأرض non-GEO satellites و هنالك 500 MHz ميغا هرتز أخرى من هذا النطاق الترددي مخصصة للاتصالات اللاسلكية الثابتة fixed wireless access

ويمكن استقبال هذا النطاق الترددي باستخدام هوائي استقبال صغير الحجم , كما أن هذا النطاق الترددي يسمح بتوضع الأقمار الصناعية على بعد درجتين من بعضها البعض 2° دون أن يحدث تداخلٌ أو تشويشٌ بينها , كما يتميز هذا النطاق الترددي بأن بقعة أشعته spot beams صغيرة الحجم و بهذا كله فإنه يشابه النطاق الترددي كيو باند Ku-band

وثمة تشابه آخر بين هذين النطاقين يتمثل في أن النطاق الترددي كا باند , ونظراً لتردداته المرتفعة فإنه معرض إلى عامل التخميد بفعل الأمطار rain attenuation

و لكن من الممكن التغلب على هذه المشكلة إما بزيادة قوة البث أو بزيادة قطر هوائي الاستقبال ومن الممكن كذلك التغلب على هذه المشكلة بتقليل معدل تدفق البيانات data rate أثناء سقوط الأمطار أو العمل على تردداتٍ منخفضة كترددات النطاق كيو باند Ku و النطاق سي باند C-bands أثناء هطول الأمطار .

يسمح النطاق الترددي كا باند Ka-band بتأمين خدمة الأنترنت من النمط دي إس إل DSL و نمط مودم الكابل cable modems حيث تسمح الطرفيات ذات الفجوة المتناهية في الصغر Ultra-small aperture terminals (USATs) بتأمين تدفق بياناتٍ ثنائية الاتجاه two-way و بسرعاتٍ عالية جداً تتراوح بين 384 Kbps كيلو بايت في الثانية و بين 20 Mbps عشرين ميغا بايت في الثانية .
وهنالك اليوم مشروع تقوده مجموعة تيليديسك Teledesic و هذا المشروع المتجاوز للكيانات السياسية والحدود يعتمد على مجموعة من الأقمار الصناعية التي تدور في مداراتٍ منخفضة LEO و تعمل على النطاق الترددي كا باند Ka-band و يهدف هذا المشروع إلى تأمين خدمة أنترنت عالمية متجاوزة للكيانات السياسية بحيث تؤدي الخدمات التي تؤديها اليوم خدمة غلوب ستار التي تستخدم أقمار صناعية ذات مدارات غير مرتفعة و غير متزامنةٍ مع دوران الكرة الأرضية non-GEO Globalstar والتي تعمل على النطاقين الترددين إل باند و إس باند L/S-band

وفي المجال العسكري فإن البحرية الأمريكية تستخدم النطاق الترددي كا باند Ka-band كما أن القوات الجوية الأمريكية بدأت باستخدام النطاقين الترددين إكس باند X- and و كا باند Ka-band

مازالت النطاقات الترددية الأعلى من 30 GHz غيغاهرتز مثل النطاقين الترددين : كيو باند و في باند Q- and V-bands نطاقات تجريبية وذلك بسبب تعرض هذه النطاقات الترددية المرتفعة لقدرٍ كبيرٍ من تخميد الإشارة الناجم عن الأمطار و امتصاص الفضاء لهذه الترددات .
وفي الوقت الحالي فإن هذه التردددات قد تصلح لعمل الوصلات المتقاطعة cross links أو ما يدعى بالتسمية : آي إس إل ISLs وهي الوصلات اللاسلكية التي تمكن الأقمار الصناعية ذات المدارات البعيدة الثابتة المتزامنة مع دوران الأرض GEO من التواصل مع الأقمار الصناعية غير المتزامنة مع الأرض non-GEO satellites و في أيامنا هذه تستخدم هذه الوصلات الفضائية البينية في نظام إيريديوم Iridium للأقمار الصناعية فقط و تعمل على النطاق الترددي كا باند Ka-band

كما تمت تجربة استعمال أشعة ليزر lasers لتشغيل الوصلات الفضائية البينية ISL التي تمكن الأقمار الصناعية من التواصل مع بعضها البعض وتختلف أشعة ليزر من نواحي متعددة عن موجات الميكروويف microwave المستخدمة في الاتصالات الفضائية , حيث يكون المنفذ aperture في حال أشعة ليزر أضيق من منفذ موجات الميكروويف , كما أن الوصلات الليزرية laser links تكون أكثر تعقيداً بسبب ضيق عرض الإشعاع beamwidths في أشعة ليزر .
وعلى كل حالٍ فقد استخدمت الوصلات البينية الليزرية laser ISL في المركبة الفضائية : أرتيميس Artemis حيث دعيت هذه الوصلات الليزرية بتسمية : سيليكس SILEX

إن الجيل الأخير من أقمار البي إس إس BSS satellites الصناعية تميز بمقدرته على بث موجاتٍ راديوية RF شديدة القوة وهذا الأمر مكننا من استقبال إشارة هذه الأقمار الصناعية باستخدام هوائياتٍ صغيرة الحجم و لكن هذه الأقمار الصناعية تناسب أغراض البث الفضائي وحيد الاتجاه أكثر مما تناسب الخدمات التفاعلية الثنائية الاتجاه two-way كخدمة الأنترنت في سات VSATs .

أما الخدمات الفضائية الجوالة : إم إس إس MSS فإنها تمكننا من التواصل المباشر مع الأقمار الصناعية باستخدام هاتفٍ محمول مشابهٍ للهاتف الخليوي .

تتعلق قوة بث القمر الصناعي بأعداد مستقبلي بث هذا القمر فإذا كان قمر صناعيّ ما يتوجه ببثه نحو عشرة ملايين جهاز استقبالٍ منزلي فيجب عندها أن تكون قوة بث هذا القمر الصناعي 50dBW (خمسين ديسيبل واط) وذلك للحصول على جودة التقاطٍ مثالية , وكلما انخفضت قوة بث القمر الصناعي تطلب الأمر استخدام هوائياتٍ أكبر حجماً لالتقاط بث هذا القمر الصناعي و لكن زيادة قوة بث القمر الصناعي ليست بالأمر السهل فهي مسألةٌ مكلفةٌ جداً .

ويمكن زيادة قوة بث القمر الصناعي إلى درجةٍ تمكننا من التقاط بثه باستخدام هوائياتٍ لا يتجاوز قطرها 45 سنتيمتر وهذه الهوائيات هي من فئة هوائيات 55 dBW
(خمسةٌ و خمسين ديسيبل واط).
وثمة أقمار صناعية تعمل على نطاقٍ ترددي واحد و تدعى هذه الأقمار الصناعية بالأقمار ذات النطاق الواحد single-band satellite و هنالك أقمار صناعية تعمل على نطاقين ترددين و تدعى بالأقمار الهجينة ثنائية التردد a dual-frequency hybrid satellite و قد كان القمر الصناعي إنتلسات INTELSAT أول قمرٍ صناعيٍ هجين Hybrid satellite حيث كان يعمل على النطاقين الترددیین سي C- و كيو باند Ku-band ومن ثم أضيف نطاق ترددي ثالث هو النطاق إل باند L-band يتم استثماره من قبل إنمارسات Inmarsat

□ يطلق مصطلح : المكرر Repeater على الجزء الذي ينقل الإشارة ما بين الوصلة الصاعدة و الوصلة الهابطة
ومن الشائع في نظامي البث سي باند C- و كيو باند Ku-band أن تتم تجزئة هذا المكرر repeater إلى عدة أجزاءٍ يدعى كل جزءٍ منها بالمرسل transponder حيث يحمل كل مرسلٍ من هذه المرسلات جزءاً مخصصاً من عرض الحزمة bandwidth الكلي .

ويحدث أحياناً أن تطلق تسمية المرسل transponder على المكرر repeater وهذا شكلٌ من أشكال الخلط لأن مصطلح " المكرر " أعم و أشمل , فالمرسل Transponder هو جزءٌ من المكرر .
ويدعى الشكل السائد من أشكال المرسلات بالأنبوب المنحرف Bent-Pipe وهي المرسلات الشائعة غالباً في نظام البث التماثلي وهنالك شكل أحدث يدعى بمكررات المعالجات الرقمية الداخلية OBP – (digital onboard processing (OBP repeater .
ويقوم كل مرسل transponder في مكررات الأنبوب المنحرف bent-pipe repeater بالتعامل مع عرض حزمةٍ ثابتٍ و مخصص من عرض الحزمة الكلي أي عرض حزمة " المكرر " ويقوم المرسل باستقبال و بث عرض الحزمة المخصص هذا .

وهنالك علاقةٌ رياضيةٌ ما بين عدد المرسلات transponders المتاحة و بين عرض الحزمة الكلي bandwidth حيث أن عدد المرسلات يساوي عرض الحزمة الكلي مقسوماً على عرض الحزمة المخصص لكل مرسل .

مع الانتباه إلى أنه سيكون هنالك ما نسبته 10 إلى 15% مخصصة لنطاق الحماية guard band الذي يتوضع على هوامش كل مرسل أو كل حزمةٍ ترددية و الغاية منه منع حدوث تداخلٍ بين المرسلات أو الحزم الترددية المختلفة .

وعندما تكون الإشارة ذات شكل رقمي digital format يمكننا عندئذٍ مضاعفتها و ترشيحها (فلترتها) و تعديلها و معالجتها بشكلٍ تام باستخدام معالجٍ رقمي digital processor و برمجيات مخصصة أي باستخدام جهاز كومبيوترٍ اعتيادي علماً أن القيام بهذه العمليات كان يتطلب وجود عناصر و دارات الكترونية مخصصة لهذه الغايات مثل المازج mixer و المرشحات filters و المضمنات modulators .
وبالأمس القريب كان تحويل صوت الإنسان إلى صوت البطة المشهورة في مسلسلات والت ديزني مثلاً يستدعي وجود دارة الكترونية معدة خصيصاً لهذه الغاية أما اليوم فإن بإمكاننا القيام بهذه العملية على أي جهاز كومبيوتر باستخدام برمجيات تحرير الصوت فقط .

المرشحات
تلعب المرشحات (الفلاتر) الترددية دوراً هاماً جداً في عالم الاتصالات كما أن فهم طبيعة تلك المرشحات يمكننا من فهم الكيفية التي تعمل بها المستقبلات الفضائية .
□ مرشح التمرير المنخفض low pass filter أو مرشح القطع المرتفع High cut filter

☐ مرشح التمرير المنخفض low pass filter أو مرشح القطع المرتفع High cut filter
يسمح مرشح التمرير المنخفض للترددات الأدنى من العتبة الترددية المحددة فقط بالعبور و يمنع الترددات الأعلى من تلك العتبة الترددية من المرور , فإذا كان مرشح التمرير المنخفض مضبوطاً على التردد MHZ 12800فإنه لن يسمح إلا للترددات الأدنى من 12800ميغاهرتز بالعبور و سيقوم بمنع الترددات الأعلى من هذه العتبة الترددية.

High pass filter مرشح التمرير المرتفع , أو مرشح القطع المنخفض low cut filter
High pass filter مرشح التمرير المرتفع , أو مرشح القطع المنخفض low cut filter
يسمح مرشح التمرير المرتفع للترددات الأعلى من العتبة الترددية المحددة فقط بالعبور و يمنع الترددات الأدنى من تلك العتبة الترددية من المرور , فإذا كان مرشح التمرير المرتفع مضبوطاً على التردد MHZ 12800فإنه لن يسمح إلا للترددات الأعلى من 12800ميغاهرتز بالعبور و سيقوم بمنع الترددات الأدنى من هذه العتبة الترددية.

مرشح تمرير النطاق الترددي Band pass filter
☐ يسمح مرشح تمرير النطاق الترددي بعبور ترددات معينة دون سواها أي ان هذا النوع من المرشحات يبرمج بالترددات التي عليه أن يسمح بتمريرها ويقوم باستبعاد ما عداها .
مرشح رفض النطاق الترددي
☐ مرشح رفض النطاق الترددي : يقوم هذا المرشح بمنع ترددات معينة من المرور و يسمح للترددات الأخرى أياً تكن بالمرور أي أن هذا المرشح يبرمج فقط بالترددات التي نرغب في استبعادها.

الاتصالات الخليوية

دعيت شبكات الاتصالات الخليوية cellular networks بهذا الاسم لأنها تقوم على تقسيم المنطقة التي تغطيها الخدمة إلى مناطق أو خلايا Cells
كما هي حال الاتصالات الفضائية (فإن الاتصالات الخليوية تعتمد على تقنية إعادة استخدام التردد frequency re-use , حيث يصار في هذه التقنية إلى إلى إعادة استخدام التردد ذاته في الخلايا غير المتجاورة حتى لا يحدث أي تداخلٍ interference , ولذلك يتم الحرص عند استخدام تقنية إعادة استخدام التردد على أن لا تعمل خليتين متجاورتين على التردد ذاته .
و بخلاف ما يحدث في الاتصالات الفضائية فإن الاتصالات الخليوية لا تعتمد في عملها على خط النظر line-of-sight بمعنى أنه لا يتوجب أن يكون هنالك خطّ وهمي خالي من العوائق بين برج الاتصال و بين الجهاز الخليوي , ذلك أن الاجهزة الخليوية تعتمد في عملها على الإشارة المنعكسة .

يؤدي تغير وضع الهاتف الخليوي بالنسبة إلى محطة البث إلى تغيرٍ مؤقت في قوة الإشارة التي تم استقبالها وذلك بسبب تشتت تلك الإشارة وهو ما يؤدي إلى حجب الإشارة وهذا الحجب يماثل نصف طول الموجة half-wave length , فبالنسبة لإشارة بثٍ خليوية يبلغ ترددها MHz 900 ميغاهرتز , وهو التردد الشائع في الشبكات الخليوية فإن نصف طول الموجة half-wave length يبلغ نحو cm 17 سنتيمتر وهذه الظاهرة تعرف بظاهرة التلاشي البطيء slow-fading .

☐ طول الموجة wavelength: هي المسافة الفاصلة بين نقطتين متماثلتين في موجتين متعاقبتين , وغالباً ما يقاس طول الموجة من القمة إلى القمة from crest to crest أو من الجوف إلى الجوف from trough to trough .
☐
☐ يشار إلى طول الموجة بالحرف اليوناني (لامبادا(λ lambda .
☐
☐ يساوي طول الموجة سرعة الموجة مقسومة على ترددها .
v/fλ =
v/fλ =
حيث λ تمثل طول الموجة
V

V السرعة
F
F التردد
مع ازدياد كثافة مستخدمي شبكة الخليوي في منطقةٍ ما يتوجب تقليل حجم الخلية cell أي قطاع التغطية وذلك حتى نتمكن من إعادة استخدام التردد frequency re-use , وهو الأمر الذي يمكننا بدوره من زيادة سعة الشبكة , أي زيادة عدد مستخدمي الشبكة , ولذلك لا يتجاوز نصف قطر radius الخلية الواحدة في المدن المكتظة الكيلومتر الواحد , مع ضرورة الانتباه إلى أن تقليل حجم الخلية يستدعي تقليل قوة بث المحطة .
ومن الأمور التي يتوجب الانتباه إليها عند تصميم الشبكات الخليوية ضرورة تمكين المشترك من متابعة اتصاله بالشبكة بشكلٍ طبيعي عندما ينتقل من مجال تغطية برج بثٍ ما إلى مجال تغطية برج بثٍ آخر دون أن تنقطع الاشارة و دون أن يشعر المشترك بأنه قد خرج من مجال تغطية برجٍ ما و دخل إلى خليةٍ أخرى تتبع لبرج بثٍ آخر , وهذا الأمر يدعى بتسليم الاتصال handover من خليةٍ لأخرى .
يتم تسليم الاتصال handover من خلال قيام أبراج الاتصال برصد قوة إشارة جهاز المشترك , فعندما ترصد هذه الأبراج إنخفاضاً في قوة إشارة جهاز المستخدم تحت عتبةٍ معينة فهذا يعني بأن المستخدم قد بدأ بالخروج من مجال تغطية الخلية وهو الأمر الذي يستدعي البحث عن برج اتصالٍ آخر يؤمن للمشترك مستوى أعلى من الإشارة , وذاك البرج الذي يؤمن الإشارة الأقوى هو البرج الذي دخل المشترك أثناء تحركه إلى مجال تغطيته .
إن عملية تسليم الاتصال handover تستدعي ربط أبراج الاتصال المتجاورة بجهازٍ يدعى بمركز التبديل الجوال mobile switching centre – MSC
وهذه المنظومة تؤمن حدوث التبديل بين أبراج البث المختلفة لتعمل على تسليم الاتصال من خليةٍ لأخرى , كما أن هذه المنظومة تمكن الشبكة من تحديد مكان وجود المستخدم و رصد تحركاته.
لكل جهازٍ محمول مسجل على الشبكة موقعٌ أصيل (وطن) وهو الموقع الذي تم تسجيل الجهاز فيه على الشبكة , وهنالك موقعٌ آخر للجهاز المحمول وهو موقع الزيارة , فعندما يتحرك الهاتف المحمول خارج موقعه الأصيل إلى موقعٍ آخر يتم تسجيله في ذلك الموقع الجديد كزائر , ولذلك فإن لكل جهازٍ محمول سجلين على الشبكة هما : سجل الموقع الأصيل (الوطن) HOME LOCATION REGISTER HLR , و سجل موقع الزائر Visitor location register- VLR.
تخصص بعض شبكات الاتصالات الخليوية المجال الترددي الواقع بين 890- 915 MHz ميغاهرتز للوصلة الصاعدة uplink , أي لرفع البيانات من الهاتف الخليوي إلى محطة البث , بينما تخصص المجال الترددي الواقع بين 953- 960 MHz ميغاهرتز للوصلة الهابطة downlink , أي تنزيل البيانات من برج الاتصال إلى الهاتف المحمول.

■ ادنى إشارة في أجهزة الهاتف المحمول هي ناقص 140 ديسيبيبل
140dB-
■ أعلى إشارة شبكة في الهواتف المحمولة هي ناقص 40 ديسيبل
4dB-
Decibel

أمن البيانات في الأنترنت الفضائي و الأرضي

□ المخدم الوكيل -البروكسي proxy
عبارة عن مخدم أنترنت موجود في مكانٍ ما من العالم يقوم بمهامٍ كثيرة من ضمنها مثلاً مهمة ضغط بيانات الأنترنت حتى يوفر على المستخدم نفقات استخدام الأنترنت حيث يقوم المستخدم بتوجيه متصفحه نحو ذلك المخدم الوكيل عبر إعدادات البروكسي و بعد ذلك يقوم هذا المخدم الوكيل بلعب دور الوسيط بين المستخدم و بين شبكة الأنترنت حيث يطلب المستخدم صفحات الأنترنت التي يريد الاطلاع عليها من ذلك المخدم الوكيل الذي يقوم بدوره بجلب هذه الصفحات و ضغطها ثم يرسلها مضغوطةً للمستخدم , وهذه بالطبع واحدة من المهام العديدة التي يقوم بها المخدم الوكيل.

□ مخدمات DNS (DNS server)

عندما يتصل المتصفح بالأنترنت أو عندما يتصل أي تطبيق بالأنترنت يتوجب عليه أن يحول اسم الموقع الذي نريد الدخول إليه (مثلاً http://www.hotmail.com (http://www.hotmail.com))إلى عنوان آي بي IP address (مثلاً 208.235.238.55) لأن الأجهزة الرقمية لا تستطيع التعامل مع عناوين الأنترنت مال يتم تحويلها إلى عناوين آي بي IP .
و للقيام بذلك فإن المتصفحات ترسل طلباً إلى مخدمات دي إن إس
DNS server

DNS server بعناوين الأنترنت التي تريد الدخول إليها , فيجيب مخدم دي إن إس على هذه الطلبات بتحويل عناوين الأنترنت هذه إلى عناوين آي بي IP
ويقوم بإرسالها إلى أجهزتنا مجدداً , وهذا يعني بأن مخدمات دي إن إس
DNS server
DNS server تعرف بالضبط ماهي المواقع التي يزورها متصفحوا الأنترنت وذلك بالطبع بناءً على طلبات دي إن إس the DNS request التي ترسلها أجهزتهم إلى مخدم دي إن إس قبل زيارة أي موقع و هذا الأمر يدعى بتسريبات دي إن إس DNS leaks .

ملف الروبوت النصي The robots.txt file

يوجد ملف الروبوت النصي The robots.txt file في الدليل الرئيسي the main directory لموقع الأنترنت وهذا الملف يخبر روبوت البحث search robot بالملفات و الأدلة directories التي يتوجب ألا تتم فهرستها indexed ومن هنا أتت تسميته بالروبوت .
الفائدة من هذا الملف أنه يمنع محركات البحث من الوصول إلى المعلومات السرية و الحساسة , وقد حدث ذات مرة أن وقع خطأً في برمجيات موقع إحدى مراصد وكالة الفضاء الأمريكية ناسا مما جعل محركات البحث تنفذ إلى معلومات شديدة السرية تخص الوكالة.

□ تقنية التعتيم Obfuscation technique
تستخدم هذه التقنية التضليلية لجعل الموقع الواحد يظهر بشكلين مختلفين وفقاً للمكان الذي أتى منه الزائر فإذا كتب الزائر عنوان الموقع في شريط العنوان الخاص بالمتصفح (الشريط العلوي) ظهر الموقع للزائر بشكلٍ ما , أما إذا أتى الزائر عن طريق وصلة خاصة (كوصلات المشتركين مثلاً) فإن الموقع سيظهر بصورةٍ مختلفة تماماً , فمن الممكن لشخصٍ ما أن ينشئ موقعاً للترويج للمخدرات ثم يخفي محتويات موقعه الأصلية هذه بمحتوياتٍ تضليلية كأن يجعله موقعٌ متخصص في الرياضة أو ألعاب الكمبيوتر أو الفيديو كليبات و الأغاني فإذا كتب شخصٌ ما عنوان الموقع بشكلٍ مباشر في شريط العناوين ظهر له هذا الموقع و كأنه موقعٌ رياضي أو فني و لكن إذا دخل الزائر للموقع ذاته من خلال وصلةٍ خاصة فإن المحتوى الحقيقي للموقع سيظهر له .
إن تقنية التعتيم Obfuscation technique هي تقنية شرعية في الأساس حيث تستخدمها المواقع التجارية لتتعرف على زبائنها عندما يعاودون زيارة الموقع حيث أن هذه التقنية تسمح للموقع بمعرفة الجهة التي أرسلت الشخص للموقع .

كويك سيلفر لايت Quick silver light

برنامج مجاني متوافق مع نظامي ويندوز Windows و لينوكس Linux وهذا البرنامج يزيد من عامل الأمان و الخصوصية في البريد الألكتروني email و مجموعات الأخبار newsgroup
يعتمد برنامج كويك سيلفر لايت على بروتوكول اتصال يتميز بعامل أمانٍ مرتفع و يدعى هذا البروتوكول ببروتوكول سيد المزج (ميكس ماستر) Mixmaster
حيث يتم تشفير رسائل البريد الألكتروني باستخدام تقنيات التشفير المتعدد
Multi-encrypted
Multi-encrypted و بعد ذلك يتم إرسال هذه الرسائل المشفرة خلال متاهةٍ من المسارات التضليلية كما يتم نزع أي إشارة تدل على مصدر هذه الرسالة الألكترونية حيث يتم استبدال المؤشرات التي تدل على المصدر الأصلي للرسالة
بدلائل أخرى مؤقتة و مضللة.
ولذلك يقال بأن البريد الألكتروني المرسل عن طريق برنامج كويك سيلفر غير قابلٍ للتعقب و غير قابلٍ للقراءة إلا من قبل الشخص الذي أرسلت إليه الرسالة .
ولزيادة عامل الأمان فإن برنامج كويك سيلفرلايت Quicksilver light لايعرض إلا النصوص text ولا يعرض لغة html التي تكتب فيها صفحات الأنترنت مما يقلل إلى درجةٍ كبيرة من إمكانية تعقب البريد الألكتروني .
ولذلك يتم إرفاق الملفات المكتوبة بصيغة html على شكل ملحقٍ و يتم وضعه في مجلدٍ مستقل ليتم الإطلاع عليه لاحقاً دون اتصال بالأنترنت offline حتى لا يتعرض للقرصنة (لأنه مكتوبٌ بلغة html

□

□ لاتقم بفتح ملحقات البريد الألكتروني email attachments غير الموثوقة
و لا تقم بفتح البرامج التي قمت بتحميلها من الأنترنت عندما تكون متصلاً بالشبكة on-line لأن هذه الملحقات و الملفات التي قمت بتنزيلها من الأنترنت قد تحوي برمجيات تعقب و لذلك ينصح بالإطلاع على المواد غير الموثوقة عندما تكون غير متصلٍ بالشبكة offline .

تقنية الملحوظة الخاصة PriveNote
خدمة الملحوظة الخاصة priveNote هي خدمة مجانية تسمح لك بإرسال ملحوظاتٍ سرية secret notes من خلال الأنترنت , وهذه الخدمة لا تتطلب تسجيلاً registration أو كلمة سر لاستخدامها .
يتم استخدام هذه الخدمة عن طريق إنشاء وصلة للملحوظة السرية و من ثم يتم لصق هذه الوصلة في رسالة البريد الألكتروني و يتم إرسال هذه الرسالة بشكلٍ اعتيادي للشخص المعني .
و عندما يفتح الشخص الذي أرسلت إليه الملحوظة السرية بريده الألكتروني و ينقر على وصلة الملحوظة السرية تظهر له تلك الملحوظة السرية و بعد ذلك تقوم الملحوظة السرية بعملية تدميرٍ ذاتي self-destruction , كما يتم تدمير الوصلة كذلك مما يعني بأنه لا يمكن لأحدٍ آخر أن يقرأ هذه الملحوظة السرية.
يمكنك تفعيل خيار الإعلام بحيث يتم إعلامك بشكلٍ آلي عندما يقوم الشخص المعني بقراءة الملحوظة الخاصة التي أرسلت إليه.

□ مقلدات البريد العشوائي SpamMimic
مقلدات البريد العشوائي SpamMimic هي خدمة أنترنت مجانية تعتمد على تحويل الرسائل البسيطة إلى نصوصٍ عشوائية spam text كتلك الرسائل المزعجة التي يتم إرسالها بالملايين يومياً بشكلٍ عشوائي .
لتشفير الرسائل الألكترونية باستخدام خدمة النصوص العشوائية نضغط على الزر (تشفير) Encode فنحصل على نصٍ مشفر لا معنى له نقوم بقصه و لصقه في خانة نص البريد الألكتروني الإعتيادي و نرسله بشكلٍ عادي كما نرسل أي بريدٍ ألكتروني إعتيادي و بعد ذلك يقوم المتلقي بلصق هذا النص العشوائي spam text
في خانة فك التشفير decode box فيتم بذلك فك التشفير و تظهر الرسالة الأصلية بدون تشفير .

□

□ تمتلك أبراج الاتصالات الخاصة بالهواتف الخليوية cell phone towers المقدرة على تعقب المتصل لتحديد مكانه وبالتالي فإن مستخدم هذا النوع من الاتصالات قابلٌ للتعقب traceable , وفي بعض الأحيان يتم هذا التعقب عن طرق ارسال إشارة تعقب وغالباً ما تقوم أبراج الاتصال بإرسال رسالة التعقب هذه على شكل اتصالٍ اعتيادي (يمكن للمستخدم أن يسمع طنيناً كطنين المودم) ,و غالباً ما تقوم الأجهزة التي تتصل بالأنترنت بقطع الاتصال عن الانترنت عند تلقيها لإشارة التعقب ظناً منها بأنها إتصال يستوجب الرد .

□ تقوم بعض أنظمة تشغيل الكومبيوتر بتخزين أسماء المستخدمين و كلمات السر في ملفٍ نصي قابلٍ للقراءة يدعى بالملف السابت أو الملف الساكن (هايبرنيت فايل) Hibernate file .
□
□ في إحدى الاختبارات تم التمكن من اختراق واحدة من أقوى أنظمة تشفير البيانات في جهاز كومبيوتر متصل بشبكة لا سلكية (واي فاي WI FI وذلك عن طريق التنصت على الأصوات التي يصدرها الكومبيوتر عند إدخال كلمات السر إليه .
□
□ تمتلك شركات الهاتف الجوال جميع البيانات التي توضع على شرائح سيم
, SIM card
, SIM card و تستطيع النفاذ لا سلكياً إلى تلك البيانات كما تستطيع إعادة برمجة شرائح سيم بشكلٍ لا سلكي.
□
□ تحوي بعض أجهزة الكومبيوتر على شريحة تدعى بمنصة قياس الموثوقية تي بي م TPM chips – Trusted Platform Module , و الهدف الظاهري من هذه الشرائح يتمثل في حماية الكومبيوتر من البرمجيات الضارة و منع حدوث تعارض بين البرامج و حماية الجهاز من أضرار الأجهزة الملحقة التي تحوي عيوباً مصنعية أو ما شابه ذلك , غير أن هنالك وجهٌ آخر لهذه الشرائح فهي تمكن شركة مايكروسوفت من الوصول و التحكم في الجهاز كما أنها تمكن شركة مايكروسوفت من تصوير شاشة المستخدم (سطح المكتب) والاطلاع على كل ما يقوم به و اختراق جميع منظوماته الأمنية علماً أنه لا يمكن لجدران النار لا لمضادات الفيروسات أن توقف عمل هذه الشرائح .
يكون خطر شريحة TPM على أشده في نظام التشغيل Windows 8 و ما بعده كما أنه لا يمكن تعطيل عمل هذه الشريحة في و يندوز 8.
□
□ كيف نعرف ما إذا كانت هنالك شريحة TPM على جهازنا ؟
يقول البعض بأن بإمكاننا اكتشاف وجود هذه الشريحة من خلال الضغط على زر شعار ويندوز الموجود في الجهة السفلية اليمنى من لوحة المفاتيح مع الضغط في الوقت ذاته على الحرف R حيث يظهر لنا مربع التشغيل RUN , فنكتب داخله الأمر tpm.msc .

□
□ من المعتقد بأنه من الممكن إبطال مفعول شريحة التجسس عن طريق تركيب روتر أو جهاز جدار نار خارجي مستقل حصرياً .
□ عند تشغيل مشغل الأوساط ميديا بلير Media player احرص على أن تكون غير متصل بالأنترنت offline , أو احرص على منع الميديا بلير من الاتصال بالأنترنت وذلك عن طريق وضعها على اللائحة السوداء في جدار النار firewall أي لائحة البرامج الممنوعة من الاتصال بالأنترنت , ذلك أن مشغل الوسائط ميديا بلير يستطيع الاتصال بشكلٍ مباشر و تلقائي بالأنترنت للبحث عن تحديثات updates , كما أنه يقوم بإرسال معلومات عن المستخدم مثل عنوان الآي بي IP Address الخاص بالمستخدم , كما أنه يرسل معلومات تخص ملفات الفيديو أو الملفات الصوتية التي قام بتشغيلها , وهذا الأمر ينطبق على جميع اصدارات الميديا بلير أياً تكن الشركة المنتجة لها.
□ ترسل متصفحات الأنترنت بشكلٍ طبيعي معلوماتٍ تتعلق بنظام تشغيل المستخدم مثل اللغة الرئيسية على الجهاز وهذا الأمر يتيح معرفة جنسية المستخدم و مكان وجوده , كما تقوم المتصفحات بإرسال ملفات الكوكيز cookies التي تقوم المواقع بتثبيتها على المتصفح عند كل زيارة مما يمكنها من االتعرف على الزائر عندما يزور الموقع مرةً ثانية , كما أن هذه الملفات تتيح التعرف على الزائر أينما ذهب , كما ترسل المتصفحات معلومات عن اصدار نظام التشغيل و التوقيت على جهاز المستخدم مما يتيح تحديد المنطقة الزمنية التي يعيش فيها بالإضافة إلى معلوماتٍ أخرى كثيرة .
غير أن إبطال الجافا سكريبت Java script في المتصفح يمنع إرسال مثل هذه المعلومات إلى حدٍ كبير .
تدعى البيانات التي يقوم المتصفح بإرسالها ببصمة المتصفح Browser Fingerprint .

EXIF metadata البيانات الملحقة بالملف
عندما نلتقط صورةً رقمية فإن هنالك الكثير من المعلومات التي تقوم كاميرات الديجتال و الأجهزة الجوالة بتضمينها في تلك الصورة وهذه البيانات تدعى
EXIF data ,
EXIF data , وهذه البيانات تتضمن نوع الجهاز أو الكاميرة و رقمها المتسلسل و إصدارها و سرعة مغلاق آلة التصوير shutter speed و معلومات عن الموقع الجغرافي لمستخدم الكاميرة GPS و غيرها من البيانات الهامة .
ويمكن إزالة هذه البيانات عن طريق برنامج Xnview , حيث يتوجب من داخل هذا البرنامج ومن قائمة الخيارات options قراءة / كتابة write/read
نزيل العلامة من مربع الاحتفاظ ببيانات EXIF :
Keep EXIF data
Keep EXIF data
ثم ننقر ok .
يؤدي حفظ الصور عن طريق هذا البرنامج إلى إزالة بيانات EXIF .
للتأكد في نظام ويندوز من إزالة هذه البيانات من الصورة ننقر بزر الفأرة الأيمن و نختار (خصائصproperties ثم نختار تفاصيل details . فإذا استطعنا رؤية هذه البيانات فهذا يعني بأن بيانات EXIF لم تزل من الصورة .
أحياناً يقوم هذا البرنامج بحفظ نسختين من الصور إحداهما لاتحوي بيانات EXIF أما الثانية فهي النسخة الأصلية التي تحوي هذه البيانات .
غالباً ما يقوم هذا البرناج بشكلٍ افتراضي بحفظ السخة الأصلية التي تحوي البيانات في مجلد الصور في المستندات .
أما إزالة البيانات الملحقة من ملفات الفيديو video metadata في أكثر صعوبة .
من البرامج التي تظهر البيانات الملحقة بملفات الفيديو و الصور برنامج ميديا إنفو Media info , وللاطلاع على بيانات ملف الميديا نقوم بتنصيب هذا البرنامج على الجهاز ثم ننقر على الصورة أو ملف الفيديو أو ملف الصوت الذي نريد الحصول على بياناته بزر الفأرة الأيمن و نختار الأمر : إرسال إلى ميديا إنفو Media info .
☼ الميتاداتا metadata : هي عبارة عن بيانات تعطي معلوماتٍ عن بياناتٍ أخرى .
إن بيانات الميتاداتا الملحقة هي التي تمكن مواقع التواصل الاجتماعي من اكتشاف ملفات الفيديو و الملفات الصوتية الخاضعة لحقوق الملكية الفكرية .

□
□ من أخطر برامج الأرشفة و الضغط برنامج Winzip فهو يحوي الكثير من الثغرات الأمنية فهو مثلاً لايقوم بتشفير اسم الملف الذي نقوم بضغطه و تشفيره بكلمة سر , كما أن من الممكن انتزاع معلومات عن الملف الذي تم ضغطه و تشفيره بكلمة سر باستخدام هذا البرنامج.
أما أفضل برامج الضغط و التشفير فهو برنامج Zip-7 وذلك لأنه يقوم بتشفير اسم الملف بعد وضع إشارة على خانة تشفير اسم الملف encrypt file name .
□

□ عند تشفير ملف باستخدام برنامج Zip-7 لا تنسى تفعيل الخيار : تشفير اسم الملف.
□
□ تقتضي إجراءات الأمان دائماً تعطيل الفلاش FLASH الصور المتحركة) و مخطوطات الجافا – الجافا سكريبت Java scripts

□ انتحال الصفة Phishig
□
□ انتحال الصفة Phishig هو تنكر مواقع انترنت مجهولة بهيئة مواقع أنترنت أخرى وذلك بهدف خداع الزائر بحيث يعتقد بأنه يدخل إلى تلك المواقع الشرعية بينما هو في الحقيقة يدخل إلى مواقع زائفة مشابهة وذلك لسرقة كلمات السر التي يدخلها الزائر أو سرقة أي معلومات أخرى مثل بيانات بطاقات الإئتمان , كما يطلق مصطلح انتحال الصفة على القيام بإرسال رسالة ألكترونية باسم شخصٍ آخر أو جهة أخرى دون علمها .
□ تستطيع الشركات المنتجة لأنظمة تشغيل الكومبيوتر استكشاف الملفات الموجودة على أي جهاز كومبيوتر يعمل بأحد أنظمة تشغيلها عندما يكون متصلاً بالأنترنت .

□ لكس LUKS
□
□ لكس LUKS : هي طريقة نظام التشغيل لينكس Linux في تشفير الملفات , وعند استخدام طريقة التشفير هذه لايتم حفظ كلمات السر (كلمات المرور) password على شكل نصٍ مقروء plain text و إنما يتم حفظه على شكل خليط hash أو لوغاريتم رياضي mathematical algorithm .
□
□ يتوجب الحذر من التحديثات الإجبارية التي تطلقها الشركات المنتجة لأنظمة التشغيل و بشكلٍ خاص تلك التحديثات و الإضافات غير الوظيفية التي لا تؤدي أي مهمةٍ واضحة.
□ تتطلب ترجمة مواقع الأنترنت تفعيل مخطوطات جافا (جافا سكريبت) Java script مما يقلل من عامل الأمان غير أن موقع غوغل للترجمة يعمل دون تفعيل الجافا سكريبت :
https://tranlate.google.com (https://tranlate.google.com)
https://tranlate.google.com (https://tranlate.google.com)
□ يقوم القراصنة باختراق شبكات الأنترنت اللاسلكية (واي فاي) WiFi المحمية بمنظومة الأمان WPA2 خلال بضعة ساعات باستخدام برنامج كاوباتي
Cowpatty
Cowpatty الذي يعمل على نظام التشغيل لاينكس Linux و هنالك أداة اختراق أخرى تعمل على نظام التشغيل هذا تدعى ريفير Rever .
و نظراً لمحدودية مجال البث اللاسلكي فإن بإمكان صاحب الشبكة اللاسلكية أن يكشف اسم الكومبيوتر المخترق و عنوان الماك Mac address الخاص به , كما أن بإمكانه أن يعرف معلوماتٍ أخرى عن ذلك الجهاز.

□
□ مشفرات نقرات لوحة المفاتيح keyscrambler هي برمجيات مضادة لبرمجيات التجسس التي تقوم بتسجيل نقرات لوحة المفاتيح keylogger و تقوم بإرسال هذه النقرات إلى جهاتٍ معينة للاطلاع على كلمات المرور التي يدخلها المستخدم.

□ من البرمجيات التي تقوم بتسريب معلومات عن المستخدم مشغل الفلاشات الشهير أدوب فلاش بلير Adobe Flash player .
□ تذكر دائماً بأن الأجهزة الجوالة تستطيع التواصل مع أبراج الاتصالات الخليوية وذلك لإجراء اتصالاتٍ طارئة دون وجود شريحة سيم Sim card وبالتالي فإن أبراج الاتصالات تستطيع تعقب المستخدم و معرفة مكانه حتى إذا نزع شريحة سيم.

منع تسريب المعلومات عن طريق الأنترنت
تحتاج إلى تنصيب جدار نار Fire wall و مقياس أنترنت مثل برنامج دو ميتار Du Meter على جهازك .
لاختبار فاعلية جدار النار في منع تسريب الأنترنت ومنع أي برنامج من استخدام الأنترنت أو إرسال معلومات عنك يجب أن يكون استهلاك الأنترنت مساوياً للصفر عندما لا يكون متصفح الأنترنت في حالة عمل و إلا فإن هذا يعني بأن هنالك تسريب للأنترنت في جهازك .
يمكن للتسريب أن يكون تسريباً صاعداً , أي أن جهازك يرسل معلومات عنك إلى جهةٍ ما أو أن شخصاً ما يسحب ملفات مخزنة على جهازك و يمكن أن يكون التسريب هابطا أي أن هنالك برامج معينة تتلقى التعليمات من جهاتٍ مجهولة أو أنها تقوم بعمليات على الأنترنت
ومن الممكن أن يكون التسريب صاعداً و هابطاً في كلا الاتجاهين .

□ معرفة كود التعريف الدولي IMEI للهاتف المحمول
ندخل الرمز التالي من ازرار الاتصال الاعتيادية .
من اليسار إلى اليمين :
نجمة – مربع – صفر – ستة – مربع
*#06#

تم بعون الله تعالى وحده
مدخل إلى عالم الاتصالات الفضائية
د.عمار شرقية

صدر للمؤلف
الموسوعة المصورة الكبرى للنباتات الطبية و النباتات السامة و المسرطنة
مفتاح الجبر
التعليم النوعي-الكيمياء
الرياضيات القابلة للفهم
قصائد السونيت الشكسبيرية
موسوعة النخيل
موسوعة النباتات المقاومة للتملح
موسوعة النباتات المقاومة للجفاف
موسوعة الأشجار
موسوعة النباتات
موسوعة النباتات المخدرة
أطلس النباتات الطبية
نباتات الحدائق
علاج السرطان بالنباتات الطبية
أدب الأطفال الإنكليزي
توماس هاردي
تشارلز ديكنز
مختارات من الشعر الإنكليزي الكلاسيكي
الأدب الإنكليزي الكلاسيكي و علم النبات
و مؤلفات أخرى

رأيان حول "مدخل إلى عالم الاتصالات الفضائية"

1. **mmaltyyar**
كتب:
22 فيفري 2016 عند 12:02 م
تسلم يداك على هذه المعلومات القيمة وجعلها الله في ميزان حسناتك

رد

2. **elalnpbgvf@gmail.com**
كتب:
16 ديسمبر 2015 عند 10:16 م
Hi friend
The post is so helpful for me,i like it very much,thanks!

رد